



Joonas Hoikkala

## **Korjausrappauskohteen toteutus osapuolten välisellä yhteistyöllä suunnittelusta laastin valintaan ja toteutukseen**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 30.5.2016

Valvoja: Professori Jari Puttonen

Ohjaaja: TkL Hannu Pyy

---

**Tekijä** Joonas Hoikkala

---

**Työn nimi** Korjausrappauskohteen toteutus osapuolten välisellä yhteistyöllä suunnitellusta laastin valintaan ja toteutukseen

---

**Koulutusohjelma** Rakenne- ja rakennustuotantotekniikka

---

**Pääaine** Rakennusmateriaalit ja rakennusfysiikka

**Koodi** Rak. thes.

---

**Työn valvoja** Professori Jari Puttonen

---

**Työn ohjaaja** TkL Hannu Pyy

---

**Päivämäärä** 30.5.2016

**Sivumäärä** 72+6

**Kieli** suomi

---

### Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä seikat vaikuttavat rappauksen toimintaan ja mitä tulee huomioida niin laastinvalinnassa kuin korjausrappauksen suunnittelussa ja suorittamisessakin. Lisäksi tavoitteena oli kehittää korjausrappauskohteissa käytettävä toimintamalli, jossa kuvataan tavoitteet eri osapuolien väliselle yhteistyölle sekä yleisimmät ongelmakohdat ja niiden mahdolliset seuraukset. Tutkimuksessa haastateltiin projektien eri osapuolien asiantuntijoita, joilla on laaja kokemus korjausrappauskohteista. Haastatteluissa selvitettiin, mitkä asiat ovat vaikuttaneet laastinvalintaan ja korjausrappauksen onnistumiseen sekä minkälaisissa asioissa on ollut ongelmia. Haastatteluvastauksista analysoitiin, mitkä asiat vaikuttavat korjausten onnistumiseen positiivisesti, mitkä negatiivisesti ja millä asioilla ei välttämättä ole niin suurta merkitystä korjausten onnistumisen kannalta. Tutkimuksen tuloksena ilmeni, että korjausrappaukset ovat monimuotoisia, yksilöllisiä ja haastavia. Korjausten vaikeusasteeseen vaikuttaa rakenteen vauriot, ikä ja käyttöhistoria sekä korjausten laajuus. Tehdyillä tutkimuksilla ja eri osapuolien asiantuntemuksen hyödyntämisellä on selkeät vaikutukset korjausten onnistumiseen. Korjausrappauskohteen vaikeusaste voi olla vaikeaa määritellä etukäteen ja siksi alkuvaiheessa tulee käyttää laajasti asiantuntijoita, jolloin selvitetään kohteen vaatimukset ja tavoitteet sekä valitaan korjauksissa käytettävä laasti. Eri osapuolien välisen tiedonkulun tulee olla avointa ja suunniteltua kaikissa projektin vaiheissa. Selkeät vastuunjaot ja systemaattiset tiedonjakotavat, dokumentointi mukaan lukien, mahdollistavat kaikkien eri osapuolien keskustelun samoilla tiedoilla, mikä edesauttaa eri osapuolien välistä onnistunutta yhteistyötä.

---

**Avainsanat** rappaus, laasti, julkisivu, kalkki, sementti, kuntotutkimus,

---



---

**Author** Joonas Hoikkala

---

**Title of thesis** Collaboration between different parties in plaster restoration projects including design, selection of mortar composition and execution

---

**Degree programme** Structural Engineering and Building Technology

---

**Major** Building Materials and Building Physics

**Code** Rak. thes.

---

**Thesis supervisor** Professor Jari Puttonen

---

**Thesis advisor** Lic.Sc. (Tech.) Hannu Pyy

---

**Date** 30.5.2016

**Number of pages** 72+6

**Language** finnish

---

## **Abstract**

The aim of this study was to investigate which factors affect the performance of plaster and which properties need to be taken into consideration when executing and designing restoration plastering, including selecting an optimal mortar composition. Furthermore, additional goals include the development of a framework for restoration purposes. The framework elaborates the goals for collaboration between different parties and exhibits the consequences of common issues in restoration projects. Experts of different parties, who have vast experience of restoration projects, were interviewed in this study. The factors that affected the selection of mortar composition and the success of restoration were identified through the conducted interviews. Moreover, possible complications that may occur during restoration were identified. Interview results were analyzed in order to obtain an understanding of positive and negative factors and their influence on success of restorations. The study indicates that plaster restorations are unique and demanding. The age and operation history of the building, the structural damages and extent of repair affects the difficulty of restoration. Conducted pre-examinations and teamwork between different parties determines the success of restoration. The challenges of restoration can be hard to determine in advance, so experts must be extensively consulted to resolve requirements and goals of the restoration process and in the selection of mortar composition. Collaboration between parties has to be transparent and planned in every phase of the project. Clarity of responsibilities and systematic practices of information sharing and documentation enable different parties to communicate with consistent information, which allows successful collaboration.

---

**Keywords** plaster, mortar, facade, lime, cement

---

## Alkusanat

*Tämä diplomityö tehtiin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n ohjauksessa ja työn rahoittajina toimivat Senaatti-kiinteistöt, Saint-Gobain Weber Oy ja Julkisivuyhdistys ry. Valvojana toimi professori Jari Puttonen.*

*Kiitän kaikkia Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n henkilöitä, jotka olivat edesauttamassa työn toteutumista. Erityiskiitos kuuluu työn ohjanneelle Hannulle, jonka asiantuntemus ja tuki mahdollistivat työn suorittamisen tiiviissä aikataulussa. Mielenkiintoisesta tutkimusaiheesta kiitokset ovat ansainneet rahoittajat, jotka panostuksillaan mahdollistivat minulle täyden keskittymisen diplomityöhön. Työn valvonnasta kiitän professori Jari Puttosta. Suuren kiitokset ansaitsevat myös kaikki haastatellut henkilöt, jotka uhrasivat aikaansa haastattelun suorittamiseen.*

*Kauan on aikaa kulunut siitä, kun Pietari Pellinen kertoi minulle tämän koulun tarjonnan. Lopulta koulun suorittamiseen kului koko myönnetty määräaika. Valmistumisen jälkeen jää taakse yksi tärkeä osa elämää. Koulu on onneksi tarjonnut tutkinnon lisäksi paljon muutakin. Järjestötoiminta on opettanut valtavasti ja tarjonnut monia ikimuistoisia kokemuksia. Lisäksi olen saanut tutustua moniin uusiin ihmisiin, jotka ovat olleet menossa mukana. Erityismaininnan ja kiitoksen ansaitsee Pepan Petoni.*

*Perhettä kiitän tuesta koko opintojen ajalta ja diplomityön osalta erityisesti iskää, joka voi vihdoinkin huokaista helpotuksesta, kun viimeinenkin lapsista valmistuu. Suurimman kiitoksen osoitan avovaimolleni Marikalle, joka on tukenut minua niin diplomityön kuin koulunkin suorittamisessa.*

Espoo 30.5.2016

Joonas Hoikkala

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	7
1.1	Tutkimuksen tavoite .....	7
1.2	Aiheen laajuus ja rajaukset .....	7
1.3	Tutkimusmenetelmät .....	8
2	Rappauksen toiminta ja vaatimukset .....	9
2.1	Rappauksen ja alustan toiminta .....	9
2.1.1	Yleistä .....	9
2.1.2	Laastin koostumus .....	9
2.1.3	Tuoreen ja kovettuneen laastin ominaisuudet .....	13
2.1.4	Rappauksen pintakäsittelyt .....	14
2.1.5	Rappausalustat ja niiden ominaisuudet .....	19
2.1.6	Rappauksen kosteustekninen toiminta .....	23
2.1.7	Jäätymiskäyttäytyminen .....	28
2.1.8	Rasitukset .....	28
2.1.9	Laastin ja alustan yhteistoiminta .....	30
2.2	Rappauksien ongelmat .....	32
2.2.1	Vauriot .....	32
2.2.2	Suunnittelu- ja työvirheet sekä työolosuhteet .....	34
2.2.3	Muutokset .....	36
2.3	Rappaukseen vaikuttavat muut kuin tekniset asiat .....	36
2.3.1	Suojelu .....	36
2.3.2	Muut vaatimukset ja rajoitukset .....	37
2.4	Rappauksen kunnon tutkiminen .....	38
2.4.1	Kuntotutkimukset .....	38
2.4.2	Testejä vanhan rappauksen testaukseen .....	38
3	Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät .....	40
3.1	Ongelman kuvaus ja tutkimuksen tavoite .....	40
3.2	Tutkimusmenetelmä .....	40
3.2.1	Haastateltavat henkilöt .....	40
3.2.2	Haastattelun toteuttaminen .....	41
3.2.3	Haastatteluprosessin käytännön kulku .....	42
3.2.4	Haastatteluprosessin toteutunut kulku .....	42
4	Tutkimustulokset .....	44
4.1	A. Yleistä .....	44
4.1.1	Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojekteista? .....	44
4.1.2	Mitä yleisiä ajatuksia teillä on laastinvalinnasta korjausrappauskohteissa? .....	45
4.1.3	Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojektien tiedonkulusta? .....	45
4.2	B. Käsiteltävien kohteiden tiedot .....	46
4.3	C. Korjausrappausprojektin vaiheet .....	46
4.3.1	Esiselvitykset kohteesta ennen korjausta .....	46
4.3.2	Laastinvalinta .....	47
4.3.3	Projektin osapuolet ja tiedonkulku .....	52

4.3.4	Laadunvarmistus .....	54
4.3.5	Arvosanat .....	55
4.4	Luotettavuusanalyysi .....	57
5	Johtopäätökset .....	58
5.1	Laastinvalintaprosessi .....	59
5.1.1	Tavoitteiden asettaminen ja laastinvalintaprosessi .....	59
5.1.2	Markkinoille kaivattavia laasteja .....	60
5.1.3	Hydraulisia kalkkilaasteja Suomen markkinoiden ulkopuolelta .....	60
5.2	Korjausrappauskohteen toteutus osapuolten välisellä yhteistyöllä, toimintamalli	61
5.2.1	Yleistä .....	61
5.2.2	Tiedonjakamistavat .....	62
5.2.3	Osapuolien roolit .....	62
5.3	Toimintamallikaavio .....	65
5.4	Suosituksat jatkotutkimuksista .....	67
6	Yhteenveto .....	68
	Lähdeluettelo .....	70
	Liiteluettelo .....	72

# 1 Johdanto

Onnistunut julkisivurappaus kestää kymmeniä vuosia. Onnistuneisiin rappauksiin tulee ajan saatossa vaurioita, jotka vaativat korjauksia. Korjausrappaukset tuntuvat kuitenkin olevan haastavia ja korjausten onnistuminen on epävarmaa. Korjauksissa käytettävän laastin valintaan vaikuttavia asioita on monia ja kaikille päätöksille ei ole välttämättä teknistä tukea. Esimerkiksi väärä laastivalinta voi johtaa korjauksen lyhytikäisyyteen ja pahimmassa tapauksessa korjauksella voidaan vahingoittaa muita seinärakenteita. Laastinvalinnan lisäksi merkittävä korjausten laatua heikentävä tekijä on heikko tiedonkulku projektissa mukana olevien eri osapuolien välillä.

Rappauksien ja laastien teknisestä toiminnasta on tutkimuksia, mutta varsinaista ohjetta laastinvalintaprosessiin ei ole. Tyypillisen rappauskorjaushankkeeseen osallistuvien toimijoiden rooleja ja vastuita sekä eri osapuolien yhteistyötä projektin onnistumisen kannalta ei myöskään ole tutkittu.

## 1.1 Tutkimuksen tavoite

Diplomityön tavoitteena on selvittää, mitkä seikat vaikuttavat rappauksen toimintaan ja mitä tulee huomioida niin laastinvalinnassa kuin korjausrappauksen suunnittelussa ja suorittamisessakin. Lisäksi tavoitteena oli kehittää korjausrappauskohteissa käytettävä toimintamalli, jossa kuvataan tavoitteet eri osapuolien väliselle yhteistyölle sekä yleisimmät ongelmat ja niiden mahdolliset seuraukset. Työssä selvitetään eri osapuolien roolit ja määritellään toimintatavat, joilla kaikille toimijoille varmistetaan selkeä yhtenäinen tavoite sekä keinot sen saavuttamiseksi.

Laastinvalintaprosessiin ja toimintamalliin vaikuttavia asioita selvitetään asiantuntijahaastatteluiden avulla saaduilla tiedoilla ja käytännön kokemuksilla. Tarkoituksena on selvittää laastinvalintaprosessia niin, että korjausrappauskohteissa pystytään paremmin valitsemaan kohteeseen soveltuva laasti. Toimintamallin tarkoituksena on edesauttaa korjausrappauksen onnistumista.

## 1.2 Aiheen laajuus ja rajaukset

Tutkimus käsittelee kiviainesalustalle tehtyjen rappauksen korjausprosessia; uudiskohteet on rajattu pois tutkimuksesta. Lisäksi työstä on rajattu pois eristerappaukset sekä rappaukset puualustoille.

Laastien ja rappausalustojen osalta materiaalien ominaisuuksia käsitellään olemassa olevien tuotteiden pohjalta, mistä johtuen laastin sekä alustan materiaalien valmistusta käsitellään vain vähäisesti. Laastinvalintaprosessin käsittelyssä otetaan huomioon teknisten valintaperusteiden lisäksi muita tarvittavia kriteereitä, kuten kohteen suojelumääräykset.

Tutkimus sisältää kirjallisuusselvityksen rappauksesta ja sen lisäksi asiantuntijahaastatteluita, joiden avulla kerätään käytännön kokemuksia ja tietoja. Laastinvalintaprosessia ja eri osapuolien yhteistyötä käsitellään näiden tietojen pohjalta, mutta varsinaisia materiaali- tai kenttätutkimuksia ei suoriteta.

### **1.3 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus koostuu kirjallisuusosioista ja käytännön osiosta. Kirjallisuusosiossa selvitetään rappauksen toimintaan vaikuttavat asiat, kuten laastin ja alustan toiminta erikseen ja yhdessä. Tarkastelussa huomioidaan asiat, jotka vaikuttavat laastinvalintaprosessiin ja rappauskorjauksen säilyvyyteen. Lisäksi kuvataan ongelmia ja vaurioita, joita voi syntyä kohteeseen soveltumattomien korjauksien seurauksena.

Käytännön osiossa selvitetään korjausrappauskohteiden piirteitä ja niiden vaikutusta projektien onnistumiseen. Asiantuntijahaastattelujen avulla selvitetään, miten rappauskorjaukset ovat yleisesti onnistuneet sekä minkälaisissa asioissa on ollut ongelmia ja miten nämä ongelmat ovat vaikuttaneet korjauksen onnistumiseen. Asiantuntijoilta pyydetään haastattelussa käsittelemään sekä heikoiten että parhaiten onnistunutta korjausrappauskohdetta, jossa he ovat olleen osallisena. Vastauksista analysoidaan, mitkä asiat vaikuttavat korjausten onnistumiseen positiivisesti, mitkä negatiivisesti ja millä asioilla ei välttämättä ole niin suurta merkitystä korjausten onnistumisen kannalta. Haastattelujen perusteella selvitetään miten korjausrappausprosessia voisi kehittää niin, että korjausrappauksilla olisi paremmat edellytykset onnistua. Näiden tietojen pohjalta luodaan toimintamalli rappauskorjausprojektin eri osapuolille. Toimintamallissa kuvataan tavoitteet eri osapuolien yhteistyölle sekä yleisimpiä ongelmakohtia ja niiden seurauksia.



## **2 Rappauksen toiminta ja vaatimukset**

### **2.1 Rappauksen ja alustan toiminta**

#### **2.1.1 Yleistä**

Rappaus on vuosisatoja vanha tapa pinnoittaa rakennusten julkisivuja ja muita rakenteita. Rappaus mahdollistaa yhtenäisen vapaasti muotoiltavan pinnan, missä eri värien ja pinnan struktuurin avulla saadaan rakennukselle haluttu ulkonäkö. Rappauksen tarkoituksena on ulkonäön lisäksi suojata alustamateriaaleja säältä ja mekaanisilta rasituksilta. Onnistunut rappaus voi säilyä hyväkuntoisena vuosikymmeniä ja rappaus on mahdollista korjata osittain tai uusia kokonaan. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 7-11.)

Rapattu julkisivu koostuu alustamateriaalista, rappauskerroksista ja pinnoitteesta. Käytettyjä rappausalustoja ovat esimerkiksi poltettu tiili, kalkkiahiekkakivi, kevytsoraharkko, kevytbetoniharkko ja betoni. Rappaus koostuu erillisistä rappauskerroksista, joita rappaustyyppistä riippuen on yhdestä kolmeen. Kolmikerrosrappauksessa käytetään tartunta-, täyttö-, sekä pintalaastia; kaksikerrosrappauksessa tartunta- tai pohjalaastia sekä pintalaastia; ohutrap-pauksessa käytetään vain pintalaastia. Kaksi- ja kolmikerrosrappauksissa käytettyjen rap-pauslaastien lujuuden tulee pienentyä pintaa kohti. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 15-17.)

Rappausten ja rappausalustojen ominaisuuksia käsiteltäessä käytetään kirjallisuudessa yleis-esti käytössä olevaa termiä lujuus. Lujuus termiä käytettäessä voidaan kuitenkin tarkoittaa lujuuden lisäksi materiaalin tiiveyttä ja jäykkyyttä, vaikka niitä ei yleensä erikseen mainita.

Pintarappaustavalla luodaan rappauksen pintatekstuuri. Käytettyjä pintarappaustapoja ovat esimerkiksi:

- hiertorappaus
- harjattu rappaus
- revitty rappaus
- terrastirappaus
- roiskerappaus
- hienorappaus.

Rappauksen ulkonäköön ja ominaisuuksiin vaikuttavat lisäksi mahdolliset pinnoitteet, joita ovat orgaaniset, epäorgaaniset, sekasideaineiset sekä suojaavat pinnoitteet.

#### **2.1.2 Laastin koostumus**

##### **2.1.2.1 Sideaineet**

Rappauslaastit nimetään niiden sisältämien sideaineiden mukaan, kalkki-, kalkkisementti- tai sementtilaastiksi. Kalkkilaastia on kahta erilaista, sideaineena on joko ilmakalkkia tai hydraulista kalkkia. Rappauslaastit merkitään sideaineen mukaan alla esitetyillä kirjaintun-nisteilla:

- K – kalkki
- Kh – hydraulinen kalkki
- S – sementti
- KS – kalkki + sementti.

Laastin tunnus, esimerkiksi KS 35/65/500, sisältää sideaineen tai sideaineiden kirjaintunnisteen lisäksi sideaineiden määrän 100 kuivana mitattua painoyksikköä. Runkoaineen määrä ilmoitetaan viimeisenä. Taulukossa 1 (sivu 22) on esitelty eri materiaalien ominaisuuksia.

#### **2.1.2.1.1 Kalkkilaastit**

Kalkkilaastien perustana on ilmakalkki, joka on valmistettu polttamalla kalsiitti-, dolomiittikalsiitti- tai dolomiitti kivistä. Ilmakalkkia valmistetaan kahdella tavalla, jotka on nimetty kalkin sammutustavan mukaan. Kuivasammutetun kalkin sammuttamisessa on käytetty vain sen verran vettä kuin tarvitaan ja kuivasammutettu kalkki on tästä johtuen kuivaa. Märkäsammutetussa kalkissa sammuttamiseen on käytetty vettä runsaasti enemmän kuin teoriassa tarvitaan ja kalkkia voidaan pitää vedessä pitkiäkin aikoja ennen käyttöä. Muutokset kalkin poltossa ja sammuttamisessa vaikuttavat kalkin ominaisuuksiin. Polttoaste sekä sammutustapa ja -nopeus vaikuttavat kalkin ominaispinta-alaan. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 23-24.)

Ilmakalkit kovettuvat kuivumiskovettumisena ja sen jälkeen karbonatisoitumalla eli reagoimalla ilman hiilidioksidin kanssa. Tästä johtuen ilmakalkin kovettuminen vaatii laastilta oikean kosteuden. Liian kuivassa laastissa karbonatisoituminen on hidasta ja liian märässä laastissa kosteus estää hiilidioksidin kulkeutumisen laastin huokosissa. Hiilidioksidin kulkuun vaikuttaa laastin huokoisuuden lisäksi ulkopuolinen sade sekä erilaiset rappauspinnotteet.

Hydraulinen kalkki on valmistettu polttamalla kvartsia, savea ja/tai rautaoksideoita sisältävää kalkkikiveä pitämällä lämpötila alle materiaalien sintrauslämpötilan. Hydraulisella kalkilla on nimensä mukaisesti hydraulisia ominaisuuksia eli se kovettuu reaktiossa veden kanssa. Kalkin hydrauliset ominaisuudet johtuvat joko kalkkikiven luonnollisista epäpuhtauksista tai vaihtoehtoisesti kalkkiin on lisätty piilevästi hydraulisia aineita ennen polttoa. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 25.)

#### **2.1.2.1.2 Sementtilaastit**

Sementti sisältää kalkkikiven ja saven seoksesta polttamalla valmistettua sementtiklinkkeriä sekä polton jälkeen lisättyä kipsiä. Sementtiklinkkeri sisältää kalsiumsilikaatteja, kalsiumaluminaatteja sekä rautayhdisteistä. (Dührkop, et al. 1966, s. 109-110.)

Sementti kovettuu hydrataatiossa eli reaktiossa veden kanssa ja on tärkeää, että kovettumisen aikana on riittävästi vettä reaktion etenemiseksi. Sementti karbonatisoituu kalkin tavoin kalsiumhydroksidin reagoidessa ilman hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 25-26.)

Kovettumisen aikana sementtilaasti kutistuu, mikä voi aiheuttaa liiallista halkeilua. Kutistuminen aiheutuu veden poistumisesta sekä siirtymisestä rakenteessa. Kutistumisen suuruuteen voidaan vaikuttaa kiviainesjakaumalla, vesi-sementtisuhteella ja sementtimäärällä sekä huolellisella jälkihoidolla. Kiviaineksen raekoon kasvattaminen sekä veden ja sementin vähentäminen pienentävät kutistumaa. (Komonen 2009.) Huolellisella jälkihoidolla voidaan viivyttää sementin kuivumista, jolloin sementin lujuus kehittyy suuremmaksi ja se kestää paremmin kuivumisen aiheuttamia vetojännityksiä (Suomen Betoniyhdistys, 2005 s. 66).

Laastin pakkasenkestävyyttä, työstettävyyttä ja vedenpidätyskykyä sekä tartuntaominaisuuksia voidaan parantaa käyttämällä sementissä kuituja tai lisäaineita. Julkisivurappauksiin tarkoitettuihin sementtilaasteihin lisätään yleisesti polymeerejä. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 26)

Sementtiin lisätyt polymeerit vaikuttavat monella tavalla sementtilaastin ominaisuuksiin. Polymeerit parantavat laastin plastisuutta ja samalla työstettävyyttä. Vettä voidaan vähentää työstettävyyden kärsimättä, mikä mahdollistaa pienemmän vesi-sementtisuhteen, jolloin kutistumat pienenevät. Polymeerimodifioidun sementtilaastin tartunta on tavallista sementtilaastia parempi. Yleensä polymeerit lisäävät sementtilaastin veto- ja taivutuslujuutta, lisäksi kimmomoduuli pienenee ja muodonmuutoskyky paranee. Polymeerit voivat vaikuttaa myös laastin vedenpidätyskykyyn ja kovettumisaikaan. Lisäksi kulutuksen- ja iskunkestävyys on parempi kuin tavallisella sementtilaastilla. (Grönroos ja Huovinen 2001, s. 21-24.)

#### **2.1.2.1.3 Kalkkisementtilaastit**

Kalkkisementtilaasteissa sideaineena käytetään sekä ilmakalkkia että sementtiä. Laastin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa kalkin ja sementin seossuhteilla sekä ominaispinta-aloilla. Sementti lisää laastin sekä varhais- että loppulujuutta. Lujuuden parantuminen vaatii, että sementtiä on käytetty vähintään 35 prosenttia laastin sideainemäärästä. Lisäksi sementti parantaa laastin säänkestävyyttä mutta varsinkin suurilla sementtimäärillä kutistuma lisääntyy ja työstettävyyks heikkenee. Kalkkisementtilaastien kovettuminen alkaa sementin hydrataatiolla ja jatkuu kalkin kuivumiskovettumisena sekä karbonatisoitumisena. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 25-26.)

#### **2.1.2.2 Kiviaines**

Laastin runkoaineena käytetään joko hiekkaa ja kivimurskaa. Runkoaines on suurin ainesosa laastissa ja se muodostaa laastin kantavan rungon ja on yleensä laastin lujin sekä kemiallisesti kestävin ainesosa. Runkoaineella on lisäksi suuri merkitys laastin ominaisuuksiin. Vaikuttavia ominaisuuksia ovat runkoaineen raekoko, -jakauma ja -muoto sekä runkoaineen koivuus. Heikot kivilajit, kuten liuske ja hiekkakivi eivät alhaisen lujuutensa vuoksi sovi laastin runkoaineeksi niin hyvin kuin kovemmat kivilajit, kuten gneissi, graniitti, kalkkikivi tai kvartsi. (Dührkop, et al. 1966, s. 114-117.)

Runkoaineen tulisi pakkautua hyvin yhteen, jolloin tyhjää tilaa jää mahdollisimman vähän. Laastissa runkoainetta ympäröi sideaine, joka täyttää runkoaineen pienimmät kolot. Lisäksi sideaine toimii kitkaa vähentävänä liukukerroksena runkoainerakeiden välissä. (Dührkop, et al. 1966, s. 115.)

Runkoaineen rakeisuusjakauma vaikuttaa laastin veden ja sideaineen tarpeeseen. Raekoon tulee vaihdella, sillä yhden raekoon hiekassa rakeiden väliin jää tyhjää tilaa. Tavallisesti suurin raekoko rappauslaasteissa on 4-5mm mutta kuitenkin enintään kolmasosa tai puolet rappauserroksen paksuudesta. Suuret rakeet pienentävät myös hiekan kokonaispinta-alaa. Pienempi runkoaineen kokonaispinta-ala on eduksi, koska silloin tarvitaan vähemmän sideainetta. Myöskin filleri, eli läpimitaltaan alle 0,075mm runkoaine, vähentää sideaineen tarvetta. Liika filleri kuitenkin kasvattaa vedentarvetta sekä tyhjää tilaa runkoainerakeiden välissä. (Dührkop, et al. 1966, s. 115.) Lisäksi fillerin käyttö parantaa laastin tartuntaa ja sen määrällä säädellään laastin työstöominaisuuksia. Sopiva rakeisuusjakauma riippuu myös rappaustyypistä sekä työsuorituksesta. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 27-28.)

Laastin kannalta paras runkoaine on raemuodoltaan pyöreää ja sileää. Tällöin rakeet liukuvat hyvin toisten rakeiden ohi ja laastiin jää mahdollisimman vähän tyhjää tilaa. Kuutionmuotoiset teräväkulmaiset rakeet täyttävät tyhjän tilan hyvin mutta eivät liu'u toisten rakeiden ohi niin hyvin kuin pyöreät. Huonoimpia rakeita ovat pitkulaiset ja litteät rakeet, jolloin rakeiden väliin jää helposti tyhjää tilaa. (Dührkop, et al. 1966, s. 115-116.)

Laastin runkoaineena yleisimmin käytetty luonnon hiekan rakeet ovat pyöreitä. Murskattu kiviaines valmistetaan usein kalkkikivestä, kvartsista tai graniitista ja sen rakeet pyritään saamaan kuutiomaisiksi. Haluttaessa erityistä pinnanmuotoa voidaan pintaappauslaastissa käyttää runkoaineena murskattua kiveä. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 27.)

### 2.1.2.3 Lisäaineet

Lisäaineita käytetään laasteissa tapauskohtaisesti pieninä määrinä eri tarpeisiin. Lisäaineilla vaikutetaan tuoreen ja kovettuneen laastin ominaisuuksiin ja säilyvyyteen. Erilaisia lisäaineita on lyhyesti esitelty alla.

**Kiihdyttimet:** Nopeuttavat laastin sitoutumista ja kovettumista. Voidaan käyttää kalkki- ja kalkkisementtilaasteissa esimerkiksi talvitöissä.

**Hidastimet:** mahdollistavat kalkki- ja kalkkisementtilaastien työstettävyyssajan pidentämisen muutamasta tunnista kymmeneen tuntiin. Hidastus voi lisätä plastisen vaiheen halkeilua, mitä puolestaan vähennetään estämällä veden haihtumista. Käyttökohteita ovat esimerkiksi korkean lämpötilan olosuhteet.

**Huokostimet:** parantavat rappauksen pakkasenkestävyyttä sekä laastin työstettävyyttä lisäämällä laastin notkeutta. Liika käyttö heikentää merkittävästi lujutta ja tiiviyyttä.

**Notkistimet:** parantavat laastin työstettävyyttä ilmamäärän lisääntymättä.

**Pakkassuoja-aineet:** alentavat veden jäätymispistettä laasteissa. Voidaan käyttää talvirappauksissa.

**Hydrofobiset aineet:** muuttavat kovettuneen laastin vettä hylkiväksi, jolloin veden pääsy rappaukseen estyy osittain tai kokonaan.

**Polymeerit:** parantavat laastin tartuntaa erityisesti ohuilla rappauskerroksilla. Lisäksi parantavat tiiviyyttä ja vaikuttavat laastin työstettävyyteen.

**Kuidut:** rajoittavat laastin plastisen vaiheen halkeilua ja lisäävät kovettuneen laastin vetolujuutta. Ennen vanhaan kuituina on käytetty olkia, narunpätkiä ja hiuksia (Perander, et al., 1985, p. 50). Nykyään laasteissa käytetyt kuidut ovat pääosin muovia.

**Pigmentit:** käytetään värillisissä laasteissa. Lisäävät laastin vedentarvetta ja kutistumaa.

**Pozzolaanit:** luonnollisia tai keinotekoisia silikaatti tai alumiinisilikaattipitoisia materiaaleja, joilla on vähän tai ei lainkaan hydraulisia ominaisuuksia.

(Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 26-27) (Dührkop, et al. 1966, s. 125-129.)

### 2.1.3 Tuoreen ja kovettuneen laastin ominaisuudet

Tuoreen rappauslaastin tärkeimmät ominaisuudet ovat plastisuus, notkeus, tahmaisuus, ja vedenpidätyskyky. Ominaisuuksiin vaikuttavat sideaine sekä side-, ja runkoaineen partikkelikoko ja -muoto. Lisäksi vaikuttavat seossuhteet ja laastin vesimäärä sekä sekoitustapa ja -aika. Lisäaineilla voidaan vaikuttaa tuoreen laastin työstettävyysominaisuuksiin. Notkistimet alentavat pintajännitystä, helpottavat kostumista ja alentavat vedentarvetta mutta voivat heikentää vedenpidätyskykyä. Huokostimet luovat laakereina toimivia ilmakuplia ja vähentävät vedentarvetta sekä -erottumista. Lisäksi tuoreen rappauslaastin vesimäärä vaikuttaa keskeisesti laastin työstettävyyteen, tartuntaan ja kuivumiskutistumaan. (Perander, et al. 1985, s. 56-58.)

Tuoreelta laastilta vaaditaan hyvää työstettävyyttä, mikä koostuu monista asioista. Tärkein ominaisuus työstettävyydessä on laastin notkeus eli plastisuus ja koheesio. Plastisuudella tarkoitetaan laastin kykyä muodonmuutoksille ulkoisen voiman vaikutuksesta ja koheesiolla laastin koossa pysyvyyttä. Lisäksi työstettävyyteen vaikuttaa laastin vedenerottuminen ja -pidätyskyky. Erottumisella tarkoitetaan laastin säilymistä astiassa ennallaan ilman sekoitusta. Pidätyskyvyllä kuvataan laastin kykyä pitää vettä ja estää sen imeytymistä alustaan. Työstettävyyteen vaikuttaa myös laastin tahmaisuus eli liimaantuvuus rappauskauhaan ja alustaan. (Dührkop, et al. 1966, s. 182-187.)

Laastin koskettaessa rappausalustaa, alkaa alusta imeä vettä laastista ja laasti alkaa nopeasti jäykistyä. Veden mukana alustan huokosiin tunkeutuu laastin sideainetta sekä hienointa runkoainetta ja laastin tartunta alustaan käynnistyy. Vähäisen tai olemattoman vedenimukyvyn omaavalla alustalla sementtilaasti tarttuu alustaan kalkkilaastia paremmin. Alustan liian kova vedenimukyky vaikuttaa varsinkin sementin kovettumiseen. Kalkkilaasti kestää alustan kovaa vedenimukykyä paremmin. Parhaat edellytykset kalkki- ja sementtilaastin tartuntaan luo kohtuullisen vedenimukykyinen alusta. (Dührkop, et al. 1966, s. 188.)

Laastissa tapahtuu kahdenlaista halkeilua, plastisen vaiheen halkeilu ja kovettuneen laastin kuivumiskutistuma. Plastisen vaiheen halkeilu johtuu laastista poistuvasta vedestä, jolloin laastin tilavuus pienenee ja laasti tiivistyy. Laastin alhainen vesi-sideainesuhde siis pienentää laastin kutistumaa. Plastisen vaiheen halkeiluun vaikuttavat ympäristön olosuhteet. Ympäristöolosuhteista lämpötilan ja tuulen voimakkuuden nouseminen lisäävät rappauksen kuivumisnopeutta sekä plastisen vaiheen kutistumaa. Kuivumisnopeuteen vaikuttaa lisäksi laastin vedenpidätyskyky. Kalkilla on yleensä hyvä vedenpidätyskyky mutta kaikilla laasteilla sitä pystytään parantamaan lisäaineilla. Lisäksi plastisen vaiheen kutistumaan voidaan vaikuttaa työtekniikoilla ja varsinkin suojaustekniikoilla sekä jälkihoidolla. Suojaustekniikoilla pyritään poistamaan ympäristöolosuhteiden haitalliset vaikutukset.

Kovettuneen laastin kutistuma on yleensä estetty kun laasti on kiinni alustassa. Tästä johtuen rappauksen pinta kutistuu eniten. Halkeamia syntyy jos laastin vetojännitykset kasvavat laastin vetolujuutta suuremmiksi. Jäykällä alustalla ja hyvällä tartunnalla syntyy tiheää halkeilua, jossa halkeamat kapenevat alustaa kohti. Heikoilla alustoilla ja voimakkaasti kutistuvalla laastilla saattaa rappaus irrota alustasta, jolloin syntyy niin kutsuttu kopu. Heikoilla alustoilla syntyneet halkeamat ovat harvempana ja leveämpiä kuin jäykällä alustoilla. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 64-66.)

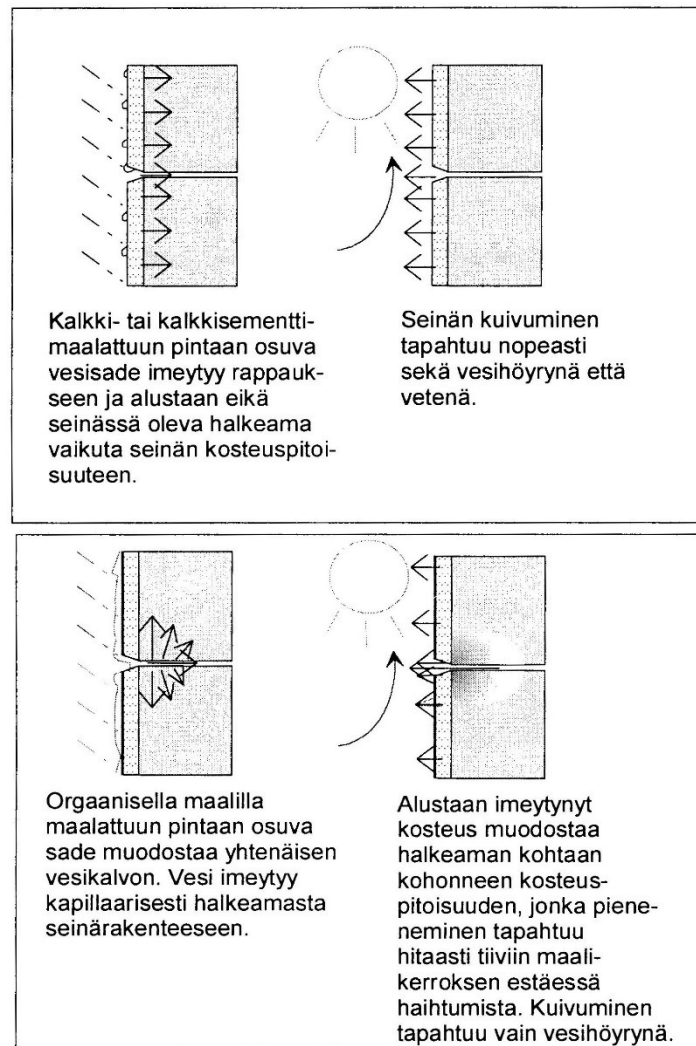
#### **2.1.4 Rappauksen pintakäsittelyt**

Julkisivujen pintakäsittelyt voidaan jakaa kahteen osaan, värillisiin pintarappauslaasteihin ja pinnoitteisiin. Pinnoitteet jakautuvat edelleen läpäiseviin, tiiviisiin ja rappausta suojaaviin pinnoitteisiin. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 33.)

Rappauksen pintakäsittelyn tarkoituksena on rappauksen suojaaminen sekä luoda rakenteelle haluttu ulkonäkö. Pintakäsittelyllä ei aina saada alustan virheitä peitettyä, vaan ne voivat erottua jopa paremmin. Pintakäsittelyllä ei koskaan saada aikaiseksi ikuisia pintoja ja siksi tulee huomioida myös pintakäsittelyn huollettavuus ja korjattavuus. (Dührkop, et al. 1966, s. 320)

Julkisivun pinnoitus on osa seinärakennetta, mikä edellyttää pinnoitukselta yhteensopivuutta muiden seinämateriaalien kanssa, jotta seinärakenne on toimiva kokonaisuus. Pinnoituksen keskeinen ominaisuus on sekä suojata, että olla lisäämättä, alempiin materiaalicherroksin kohdistuvia rasituksia. Pinnoitteen veden- ja vesihöyrynläpäisevyydestä ei saa aiheutua kosteuden kertymistä alustaan (kuva 1). Pinnoitemateriaalin tulee olla pakkasenkestävää, eikä se saa aiheuttaa pakkasvaurioita seinän muihin rakenteisiin, mitä helposti syntyy liian tiiviin pinnoitteen alle materiaalien rajapintaan. Muodonmuutoksien osalta pinnoitteen tulee soveltua alustaan, rakenteen toimivuuden kannalta pinnoitteen tulisi vastata alustan vastaavia ominaisuuksia, etenkin lämpölaajenemisen osalta.

Soveltumattoman pinnoitteen valinta saattaa aiheuttaa muiden seinärakenteiden ennenaikaisen vaurioitumisen. Pinnoituksen keskeisenä tarkoituksena on luoda rakenteen ulkonäkö, tarkoittaen väriä sekä pinnan tekstuuria. Lisäksi pinnoituksen tavoitteena on pitkä säilyvyys ja helppo huollettavuus.



*Kuva 1 Eri tavoin pinnoitettujen alustojen kastuminen ja kuivuminen halkeaman kautta kulkeutuvasta vedestä (Suomen Betoniyhdistys, 1998, s. 23).*

Pinnoitteen tartuntaan vaikuttaa sekä pinnoitteen että alustan ominaisuudet. Pinnoitteen ja alustan materiaalien pitää olla yhteensopivia niin, että pinnoite tarttuu alustaan ja ei irtoa siihen kohdistuvien rasituksien, kuten muodonmuutoksien, kosteuden, lämmön, säteilyn tai värinän johdosta.

Pinnoitetta rasittaa auringon UV- sekä lämpösäteily. Orgaanisten pinnoitteiden sidokset katkeavat UV-säteilyn johdosta, mikä aiheuttaa ajan kanssa pinnoitteen vanhenemisen. Orgaaniset pinnoitteet kovettuvat ja haurastuvat sekä muuttuvat lujuuden, värin ja kiillon osalta. Yleisesti pinnoitteet vanhetessaan haurastuvat, mikä lisää hilseilyä ja halkeilua. Kosteutta pääsee alustaan ja pinnan kestävyys heikkenee. Lisäksi vanhentuva pinnoite kellastuu ja himmentyy, mitkä ovat esteettisiä haittoja. UV-säteilyn lisäksi vanhenemiseen vaikuttaa lämpösäteily ja pinnoitteen värisävy, tummemmilla värisävyillä pinnoitteen lämpötila nousee suuremmaksi, mikä nopeuttaa vanhenemisilmiöitä sekä lisää lämpötilasta aiheutuvia

muodonmuutoksia. Säteilymäärään vaikuttaa rakenteen ilmansuunta sekä suojaisuus. Vanhenemisnopeuteen vaikuttavat lisäksi kosteus sekä käytetyt lisäaineet, kuten vanhenemista hidastavat UV-stabilisaattorit ja antioksidantit.

Pinnoitteen tulee kestää rappauksen sekä rappausalustan sisältävien suolojen vaikutukset. Suuret suolan määrät voivat aiheuttaa pinnoitteen kuplimista, turpoamista, murtumista sekä irtoamista alustasta. Huokoinen pinnoite, kuten epäorgaaninen maali, päästää suolat pinnoitteen läpi. Suola kiteytyy rakenteen ulkopintaan ja haitta on pääasiassa esteettinen. Tiiviillä pinnoitteella suola kertyy pinnoitteen alle, mikä voi aiheuttaa vaurioita pinnoitteessa tai pinnoitteen tartunnassa. Vaurioiden vähentämiseksi, voidaan odottaa, että suolan kulkeutuminen loppuu, ennen pinnoittamisen suorittamista. Suolojen lisäksi pinnoitteen tulee kestää useiden kiviainesalustojen sisältämää emäksisyyttä.

Julkisivut likaantuvat, mikä aiheuttaa sekä esteettistä, että teknistä haittaa. Tästä johtuen materiaalien pitää olla puhdistettavissa ilman materiaalin vaurioita tai liiallista kulumista. Karkeat pinnat likaantuvat herkemmin mutta tasaisemmin kuin tasaiset pinnat. Likaantuminen ei tapahdu tasaisesti, kun vesi ei pääse huuhtelemaan suojassa olevia kohtia, esimerkiksi ikkunan alusia.

Pinnoitteen tulee olla kulutuksen kestävä pääasiassa korkeiden talojen ylä- ja nurkkaosissa sekä iskunkestävä pääasiassa julkisivujen alaosissa. Julkisivun huoltoa ajatellen tulee huomioida pinnoitteen poistettavuus ja uudelleen pinnoitettavuus. Lisäksi pinnoitteilta vaaditaan muita ominaisuuksia, joissa tulee huomioida: valmistus, varastointi, työmaakäsittely, säilytys, työstettävyyden, käyttöturvallisuus sekä palonkestävyys. (Immonen & Råman 1990, s. 35-51.)

#### **2.1.4.1 Rappauslaastipinnoitteet**

Rappauspinnoitteina käsitellään ohutrappaus, värillinen pintalaasti sekä terastirappaus. Ohutrappauksella tarkoitetaan suoraan rappausalustan päälle tehtävää 0,5-4mm paksuista rappauslaastia, mikä jättää alustan muodon näkyviin. Sementtirappaus soveltuu puhdistetuille betonipinnoille. Ohutrappaukset eivät sovellu orgaanisille pinnoitteille käsitellyille alustoille ilman pinnan poistoa. (Immonen & Råman 1990, s. 57-58.)

Värillisellä pintalaastilla tarkoitetaan 3-8mm paksuista kalkkisementtilaastia, mikä on läpivärjätty. Veden- ja vesihöyrynläpäisevyys ovat hyvät ja koostumukseltaan värillinen pintalaasti on täyttölaastin kanssa saman tyyppinen ja se sopii hyvin kolmikerrosrappauksen pintalaastiksi. Kastuminen ja kuivuminen sekä likaantuminen voi aiheuttaa väri vaihteluita mutta pienet vauriot ja pinnan kulumisen ei läpivärjättyssä laastissa erotu. Värillinen pintalaasti voidaan maalata samanvärisellä kalkkimaalilla. (Immonen & Råman 1990, s. 58.) Laasteihin soveltuvimpia väripigmenttejä ovat epäorgaaniset metallioksidipigmentit, sillä väripigmenttien tulee kestää alkalisuutta ja auringon UV-säteilyä. Orgaanisille pigmenteille on ominaista värien haalistuminen ja muuttuminen. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 34.)

Terastirappauksessa rappauksen värillinen runkoaine paljastetaan hiertämisen jälkeen happo- tai vesipesulla tai runkoainetta heitetään tuoreen laastin pintaan. Runkoaineena voi värillisen kiviaineksen ohella olla esimerkiksi lasirouhetta. Terastirappaus luo julkisivulle erittäin kestävä ja hyvin värin pitävän pinnan. (Immonen & Råman 1990, s. 58.)



Edellisten lisäksi Suomessa on vähän käytetty silikaattirappausta ja orgaanista ohutrappausta. Silikaattirappauksen sideaineena ovat kohdassa 2.1.4.4 käsitellyn dispersiosilikaattimaalin tavoin kalivesilasi ja silikaattirappauksen ominaisuudet ovatkin lähellä dispersiosilikaattimaalin ominaisuuksia. Silikaattirappauksessa kerrospaksuuden kasvaessa kosteudenläpäisevyys heikkenee. Orgaanisen ohutrappauksen sideaineena on tavallisesti alkydi tai akrylaatti. Kosteudenläpäisevyys orgaanisilla ohutrappauksilla on heikko verrattuna epäorgaanisiin pinnoitteisiin. (Immonen & Råman 1990, s. 60-62.)

#### **2.1.4.2 Epäorgaaniset maalit**

Epäorgaaniset kalkki-, kalkkisementti- ja sementtimaalit sekä silikaattimaalit ovat läpäiseviä pinnoitteita, joiden käyttö on yleisesti turvallista ja suositeltavaa. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 34).

##### **2.1.4.2.1 Kalkkimaali**

Kalkkimaali on huokoinen, minkä johdosta se läpäisee vettä ja vesihöyryä tehokkaasti, eikä suuresti hidasta alustan kuivumista. Kalkkimaalille on ominaista likaantuminen ja ohentuminen. Alusta saattaa kuultaa läpi kalkkimaalin kulumisen johdosta, siksi uusintamaalauksissa suositellaan käytettäväksi samaa värisävyä. Liian paksut maalikerrokset tai alemmasta maalikerroksesta poikkeavat ominaisuudet saattavat aiheuttaa uudessa maalissa hilseilyä. Puhtaassa kalkkimaalissa on sideaineena vain sammutettua kalkkia mutta usein käytetään lisäksi täyteaineita, paksuntimia ja pinta-aktiivisia aineita. Lisäaineet vaikuttavat maalin ominaisuuksiin merkittävästi, jolloin maalin ominaisuudet voivat poiketa perinteisestä kalkkimaalista.

Soveltuvimpia alustoja kalkkimaalille on kalkki- ja kalkkisementtirappaus sekä kalkkimaalipinnat. Kalkkisementtirappauksissa sementtipitoisuus ei tulisi olla yli 50 prosenttia, sillä se heikentää kalkkimaalin tartuntaa. Kalkkimaalipintaa uudelleen maalatessa tulee selvittää vanhan maalin koostumus sekä käytetyt lisäaineet. Soveltumaton alusta voi aiheuttaa uuden maalin hilseilyä. (Immonen & Råman 1990, s. 53-55) Kalkkimaalin kestävyys vaikuttaa alustan laatu ja imukyky sekä sideaineen laatu. Kalkkimaalin kulumisen aiheuttaa uusintamaalaustarpeen 15-20 vuoden välein. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 35)

Soveltumattomia alustoja kalkkimaalille ovat betoni, kevytbetoni, tiili sekä kalkkiahiekkakivi. Kyseisillä pinnoilla kalkkimaali ei kestä ja aiheutuu pinnan läikikkyyttä ja maalin hilseilyä. (Immonen & Råman 1990, s. 53-55)

##### **2.1.4.2.2 Kalkkisementti ja sementtimaalit**

Kalkkisementti- ja sementtimaalit voivat sideaineiden lisäksi sisältää erilaisia täyte- ja lisäaineita. Täyte- ja lisäaineilla ja niiden määrillä on merkittävä vaikutus kalkkisementti ja sementtimaalien ominaisuuksiin. Veden- ja vesihöyrynläpäisevyys on kalkkisementti- ja sementtimaaleilla pienempi kuin perinteisellä kalkkimaalilla, alustan kosteudenläpäisevyyteen tällä ei ole kuitenkaan suurta merkitystä. Sementti kutistuu ja vaatii runsaasti vettä sitoutessaan, mikä aiheuttaa jännityksiä maalin ja alustan rajapintaan. Sementtimaalit tarvitsevat enemmän vettä kuin kalkkisementtimaalit.

Alustan tulee olla kostea mutta epätasainen imupinta voi aiheuttaa läikikkyyttä. Soveltuvin alusta kalkkisementtimaalille on kalkkisementtirappaus tai vanha kalkkisementtimaali.

Muita soveltuvia alustoja kalkkisementti- ja sementtimaaleille ovat kevytbetoni, kevytsorabetoni, tiili, kalkkiahiekkakivi ja betoni. (Immonen & Råman 1990, s. 56)

Kalkkisementtimaalilla saadaan kalkkimaalia muistuttava pinta, mikä on usein kalkkimaalia tasaisempi, sillä kalkkisementtimaali ei ole niin herkkä työnaikaisille olosuhteille ja työvirheille. Kalkkisementtimaalilla on kalkkimaalia parempi kulutuksenkestävyys. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 37)

#### **2.1.4.2.3 Silikaattimaali**

Silikaattimaali on kaksikomponenttinen maali, joka sekoitetaan pigmentistä ja täyteaineesta sekä sideaineena toimivasta kalivesilasista. Alustan imukyky määrittää sideaineen määrän ja väärä suhteutus voi aiheuttaa täplikkäitä tai liituuntuvia pintoja. Silikaattimaalilla on hyvä veden- ja vesihöyrynläpäisevyys. Sen sään-, valon- ja kulutuksen kestävyys on parempi kuin kalkkimaalilla ja se on vesipesun kestävä.

Soveltuvia alustoja silikaattimaalille ovat kalkkisementti- ja sementtirappaukset. Silikaattimaalia uudelleen maalatessa voi ilmetä tartuntaongelmia. Alustan liiallinen emäksisyys voi häiritä maalin kovettumista. Lisäksi sementtipitoisuuden vaihtelu voi aiheuttaa läikikkyyttä. Tartunta alustaan on erittäin luja ja maalin poistaminen ilman alustan vaurioittamista on erittäin vaikeaa. (Immonen & Råman 1990, s. 56-57)

#### **2.1.4.3 Orgaaniset pinnoitteet**

Orgaanisia pinnoitteita ei suositella rappauspinnoille, koska vauriokohdista imeytyneen veden kuivuminen on hidasta huonon vesihöyrynläpäisevyyden takia, mikä aiheuttaa riskin pakkasvaurioille. ”Orgaanisia pinnoitteita tulisi käyttää vain niissä tapauksissa, joissa julkisivurappaus on aiemmin pinnoitettu orgaanisella pinnoitteella ja orgaanisen pinnoitteen poistaminen rappauspintaa vaurioittamatta on mahdotonta eikä julkisivua voida pinnoittaa silikonihartsimaalilla.” (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 42)

Orgaanisia pinnoitteita ovat liuotinhenteiset ja vesiohenteiset dispersiomaalit. Maaleille on yhteistä huomattavasti epäorgaanisia pinnoitteita heikompi vesihöyrynläpäisevyys. Lisäksi orgaaniset pinnoitteet muodostavat kalvon, mikä ollessaan ehjä ei päästä sadevettä läpi lainkaan tai hyvin vähän. Halkeamien kautta alustaan päässyt vesi voi haihtumisen hitauden johdosta aiheuttaa kosteus- ja pakkasvaurioita. Suolojen kiteytyminen tapahtuu maalikerroksen alla, mikä voi aiheuttaa maalin hilseilyä, halkeilua ja irtoamista.

Orgaanisille pinnoitteille soveltuvoin alusta on betoni, mistä on puhdistettu pinta ja poistettu edelliset pinnoitteet. Dispersiomaalin tartunta on liuotinhenteisiä maaleja heikompi. (Immonen & Råman 1990, s. 60-62)

#### **2.1.4.4 Sekasideaineiset pinnoitteet**

Sekasideaineisiksi pinnoitteiksi lasketaan pinnoitteet, jotka sisältävät sekä orgaanisia, että epäorgaanisia sideaineita. Dispersiosilikaattimaalin pääasiallinen sideaine on epäorgaaninen kaliumvesilasi, lisäksi sideaineena on orgaanista muovidispersiota. Muovidispersio lisääminen vaikuttaa maalin ominaisuuksiin ja sen ominaisuudet eroavat silikaattimaalista. Dispersiosilikaattimaali muodostaa dispersiomaalia muistuttavan vettähylykivän pinnan. Lisäksi

vesihöyrynläpäisevyys laskee ja työstettävyyys paranee verrattuna silikaattimaaliin. Dispersiosilikaattimaali ei myöskään ole niin herkkä sääolosuhteille.

Dispersiosilikaattimaalille soveltuvia alustoja ovat kalkkisementtirappaukset ja betonipinnat. Maalin poistaminen on vaikeaa vaurioittamatta alustaa. (Immonen & Råman 1990, s. 59)

#### **2.1.4.5 Kastumiselta ja likaantumiselta suojaavat pinnoitteet**

Suojaavilla pinnoitteilla on kaksi erilaista suojaustarkoitusta rapatuille pinnoille, kastumisen hidastuminen tai likaantuminen ja graffitit. Kastumista hidastavilla pinnoitteilla on tarkoitus estää sadeveden imeytyminen rakenteeseen kalvon avulla ja samalla mahdollistaa rakenteen kuivuminen hyvän vesihöyrynläpäisevyyden avulla. Tällaisia ovat esimerkiksi silikonihartsipinnoitteet. Impregnointiaineet imeytyvät alustan kapillaarihuokosiin ja hidastavat näin veden imeytymistä, eivätkä muodosta vedenpitävää kalvoa. Kalkki- ja kalkkisementtirappauksia ei suositella pinnoitettavaksi kastumisen vähentävillä tai impregnointiaineilla. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 40-41)

Usein impregnointiaineilta vaaditaan ehdottoman vedenläpäisemättömyyden lisäksi suurta vesihöyrynläpäisevyyttä. Vauriokohtien kautta alustaan pääsee vettä ja käsittely vähentää vesihöyrynläpäisevyyttä eli hidastaa alustan kuivumista, joten impregnointi lisää alustan pakkasvaurio riskiä.

Huomioitavia asioita impregnoinnin onnistumisessa ovat impregnoinnin ulottuminen riittävän syvälle, impregnoinnin tulee kiteytyä kapillaareihin riittävästi ja pinta ei saa jäädä tahmeaksi. Lisäksi impregnoinnilta vaaditaan alkalin- ja säänkestävyyttä, sisältäen muodonmuutokset, pakkasen, UV-valon ja sadeveden happamuuden. Impregnoinnin vaikutuskesto on rajallinen, vedenkestävyyden loputtua kuivuminen on edelleen hitaampaa kuin käsittelemättömän pinnan. (Immonen & Råman 1990, s. 63)

Likaantumiselta ja graffiteilta suojaavia rappauspinoitteita on kahta tyyppiä, helposti puhdistettava ja uhrautuva. Pinnoite on joko, helppo puhdistaa, jolloin suoja-aine vähentää lian tai graffitin tartuntaa tai vaihtoehtoisesti pinnoite uhrautuu ja se on helppo poistaa kokonaan kuumalla vedellä, jonka jälkeen se voidaan uusia.

Sekä kastumista hidastavat, että likaantumiselta ja graffiteilta suojaavat pinnoitteet soveltuvat käytettäväksi hyväkuntoisilla, lujilla ja pakkasenkestävillä pinnoilla. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 41-42)

#### **2.1.5 Rappausalustat ja niiden ominaisuudet**

Rappausalustalta vaaditaan useita ominaisuuksia, joista osa on edellytyksenä alustan toiminnalle ja säilyvyydelle ja osa vaikuttaa alustan ja rappauksen yhteistoimintaan ja säilyvyyteen. Alustan tulee olla rappausa lujempi ja rappauksen lujuuden tulee alentua pintaa kohti. Alustalta vaaditaan lisäksi pakkasen- ja alkalinkestävyyttä, eikä alustamateriaali saa sisältää haitallisia määriä suoloja, jotka voivat vahingoittaa rappausa. Alustan halkeilua tulee pyrkiä rajoittamaan. Lisäksi alustan ja rappauksen yhteistoiminnan onnistumiseksi alustalla tulee rappaukseen soveltuvat tartuntaominaisuudet ja pinnan karkeus sekä vedenimukyky ja -nopeus. Rappausajankohtana tulee ottaa huomioon alustan kosteus ja lämpötila. (Suomen

Betoniyhdistys 2005, s. 16-17) Rappausalustalta vaaditaan hyvää tartuntapintaa, tasaista vedenimukykyä sekä säänkestävyyttä. Vaativissa sääolosuhteissa mahdolliset muuraussaumat tulee olla täysiä. (RT 33-10386.) Rappauksen yleisimpiä muurattuja alustamateriaaleja ovat: poltettu tiili, kalkkiahiekkakivi, kevytsoraharkko, kevytbetoniharkko sekä betoniharkko. Lisäksi muita käytettyjä alustamateriaaleja ovat betoni ja luonnonkivi. Taulukossa 1 on esitelty eri materiaalien ominaisuuksia.

#### **2.1.5.1 Poltettu tiili**

Tiilet valmistetaan polttamalla savea, hiekkaa ja sahanpurua. Lisäksi saatetaan käyttää muita lisäaineita. Sahanpurun palaessa tiilen poltossa tiileen syntyy sopiva huokoisuus. Polttoasteella vaikutetaan tiilen ominaisuuksiin, kuten väriin, lujuuteen ja pakkasenkestävyyteen. Mitä korkeammassa lämpötilassa tiilet poltetaan sitä tummempi väri ja korkeampi lujuus sekä parempi pakkasenkestävyys, sillä isojen huokosten suhteellinen määrä kasvaa. (Kavaja, et al. 1981, s. 5.)

Poltetusta tiilestä muurataan massiivitiiliseiniä sekä kuorimuuriseiniä. Seinärakenteella on vaikutusta lämpötila- ja kosteusrasituksiin. Tiilen huokoisuudesta johtuen se sitoo runsaasti vettä. Massiivitiiliseinä kestää rakenteen paksuudesta johtuen suurempia kosteusmääriä ilman kosteus- tai pakkasvaurioita kuin kuorimuuriseinä. Lisäksi kuorimuuriseinässä rakenteen liikkeet johtavat herkemmin halkeamiin. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 17-18.)

#### **2.1.5.2 Kalkkiahiekkakivi**

Kalkkiahiekkakivi valmistetaan sammuttamattomasta kalkista, kvartsipitoisesta hiekasta sekä vedestä. Massa puristetaan ja tämän jälkeen karkaistetaan autoklaavissa lämmön ja vesihöyryn avulla, jolloin kalkki ja kvartsi reagoivat muodostaen vesipitoisen silikaatin. Osa kalkista ei reagoi ja karbonatisoituu myöhemmin. (Dührkop, et al. 1966, s. 94.)

Valmistuksesta johtuvan kosteuden takia kalkkiahiekkakivissä on korkea kosteuspitoisuus, mikä vähentää vedenimukykyä ja rappauslaastin tartunta voi jäädä heikoksi. Lisäksi tartunnan varmistamiseksi kalkkiahiekkakiven pinta tulee karhentaa tai valita karkea pintainen kalkkiahiekkakivi.

Kalkkiahiekkakivessä pienten huokosten osuus on suuri ja kapillaarihuokosten pieni. Tästä johtuen vedenimunopeus on pieni ja kuivuminen hidasta sekä hygroskooppinen tasapainokosteus on korkea. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 19-20.) Kalkkiahiekkakivestä käytetään yleisesti nimitystä Kahitiili tai Kahiharkko, Kahi tuotemerkin mukaan.

#### **2.1.5.3 Kevytsoraharkko**

Kevytsoraharkot valmistetaan kuin betoni. Kevytsoraharkkojen runkoaineena on kevytsoraa ja hienoa hiekkaa. Sementti ja hiekka eivät täysin täytä kevytsorarakeiden välejä ja materiaaliin jää runsaasti tyhjää tilaa, mikä mahdollistaa kosteuden ja ilman liikkeet. Kevytsoraharkon pinta on hyvin karkea, mikä mahdollistaa rappaukselle hyvän tartunnan. Pinnoittamattomana kevytsoraharkko ei ole ilmatiivis eikä sadevedenpitävä. Rakenteesta johtuen kevytsoraharkot kastuvat ja kuivuvat nopeasti. Kokonaisvedenimukyky on kuitenkin pieni, koska kevytsorarakeet ovat lähes vettä imemättömiä, joihin verrattuna muuraussaumat ovat hyvin vedenimukykyisiä.

Kevytsoraharkkojen lämpö- ja kosteusliikkeet ovat suuria, erityisesti eristetyissä harkoissa, missä harkon ulkokuori pääsee liikkumaan. Liikkeet kumuloituvat muurin pysty- ja vaakasaumoihin. Saumojen raudoituksella tai saumojen täyteen muuraamisella voidaan vähentää syntyviä liikkeitä. Lisäksi rappausverkolla ja laastissa käytettävillä kuiduilla voidaan vähentää halkeilua ja halkeamien leveyttä. Kevytsoraharkkoille on suositeltavaa paksut rappaukset, mikä edelleen vähentää liikkeitä sekä estää muuraussaumojen näkymisen. Lisäksi tulee huomioda kevytsoraharkon alhainen lujuus ja kimmokerroin verrattuna sementti ja kalkkisementti laasteihin. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 20-21.)

#### **2.1.5.4 Kevytbetoniharkko**

Kevytbetoniharkot valmistetaan sementistä, masuunikuonasta, hiekasta, alumiinijauheesta ja vedestä. Alumiini reagoi seoksessa muodostaen vetyä, mikä aiheuttaa seoksen paisumisen ja luo kevytbetonin ominaisen huokoisuuden. Kevytbetoni karkaistaan autoklaavissa lämmön ja vesihöyryn avulla. (Kavaja, et al. 1981, s. 18.) Valmistusprosessin johdosta kevytbetoniharkoissa on valmistuksen jälkeen runsaasti kosteutta, jopa noin 40 prosenttia. Kevytbetonin huokokset ovat suurelta osin pieniä, mikä aiheuttaa materiaalin voimakkaan vedenimukyvyyn mutta hitaan kastumisen sekä kuivumisen. Pienten huokosten johdosta kevytbetoniharkot voivat imeä kosteutta rappauksesta. Valmistusprosessin aiheuttaman korkean kosteuspitoisuuden sekä materiaalin hitaan kuivumisen takia rappaus tulee tehdä vasta vähintään yhden lämmityskauden jälkeen, jolloin materiaalin on kuivunut sekä suurin osa kuivumiskutistumasta on tapahtunut. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 21-22.)

Kevytbetonin vähäisen lujuuden ja kimmokertoimen johdosta tulee rappauksessa käyttää heikkoja laasteja. Lisäksi suositellaan rappausverkon käyttöä. Rappauksessa suositellaan paksua kerrosta, minkä avulla hillitään veden imeytymistä alustaan sekä vähennetään riskiä saumojen näkymiselle runsaan viistosateen tai pitkän pakkaskauden jälkeen. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 22.) Kevytbetonista käytetään yleisesti myös nimitystä Siporex, kevytbetonituotemerkin mukaan.

#### **2.1.5.5 Betoni ja betoniharkko**

Betoni on rappausalustana tiivis ja luja materiaali, lisäksi betonin halkeilu on vähäistä ja halkeamat kapeita. Betonissa on valmistuksen jälkeen runsaasti kosteutta, mikä poistuu materiaalista hitaasti. Lisäksi betoni kutistuu kuivumisen aikana. Rappauksessa tulee ottaa huomioon betonin pinta, liian sileällä pinnalla tai liiallisen pinnan sementtiliima määrän johdosta rappauksen tartunta voi jäädä heikoksi. Lisäksi tulee ottaa huomioon betonin huokosveden alkaalisuus mahdollisten orgaanisten pinnoitteiden yhteydessä. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 22-23.)

*Taulukko 1 Eri materiaalien ominaisuuksia (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 19).*

OMINAISUUS	ALUSTA							
	poltettu tiili	kalkki-hiekkakivi	kevyt-betoni	kevytso-rabe-toni	betoni	S-laasti	KS-laasti	K-laasti
Tiheys [kg/m³]	1200-1800	1800-2000	400-500	650	2400	1300-2000	1500-2000	1700
Kimmomoduuli [Mpa]	4400-18000	7500-10000	1700-3000	3000	22000-40000	20000-30000	5000-20000	3000-4000
Puristuslujuus [Mpa]	15-70	15-25	3-6,3	3,5	25-60	5-25	2-20	1-10
Vetolujuus [Mpa]	2-10	1,2-1,8	0,5-1,1	0,35	1,5-3	1-2,5	0,3-3	0,15-2,25
Huokoisuus [til.-%]	15-50	25-37	70-85	60-80	10-18	15-30	15-30	10-20
Kapillaarisuus-luku [kg/m²Vs]	0,049-0,420	0,05-0,12	0,071-0,128		0,005-0,05	0,03-0,05	0,03-0,06	0,13
Vesihöyryn läpäisevyys $\times 10^{-12}$ [kg/msPa]	42-10	20-10	42-15	42-20	10-2,1	10-2	17-6,5	20-15
Vedenimu-nopeus [kg/m²min]	1-4	1-2	1-1,5	0,05-0,5	0,1-0,5			
Pituuden lämpötilakerroin $\times 10^{-6}$ [1/K]	4-6	8	8	7-14	7-14	8-14	8-14	7-9
Kosteuden muodonmuutos rakenteessa [max %]	< 0,1	0,1-0,2	0,2	0,3-0,5	< 0,45	0,8	1-1,5	3,5
Tasapainokosteus [p-%] (>90% RH)	0,3-1	4-7	15-40	6-10	10-18	2,5-6	2-4	1-2

### **2.1.5.6 Alustan laatu ja kunto**

Rappausalustan ominaisuudet eivät korjauskohteessa välttämättä vastaa uusia materiaaleja. Alustan ominaisuuksista voidaan selvittää esimerkiksi tiilien tai harkkojen kosteuspitoisuus, laastin tartuntalujuus tiileen tai harkkoon sekä rakenteen puristuslujuus ja suolapitoisuus. Lisäksi voidaan selvittää laastin koostumus ja materiaalien pakkasenkestävyyttä. (Rakennustietosäätiö 1996, s. 2.) Lisäksi rappauksen kannalta olennaista on rappausalustan vedenimukyky.

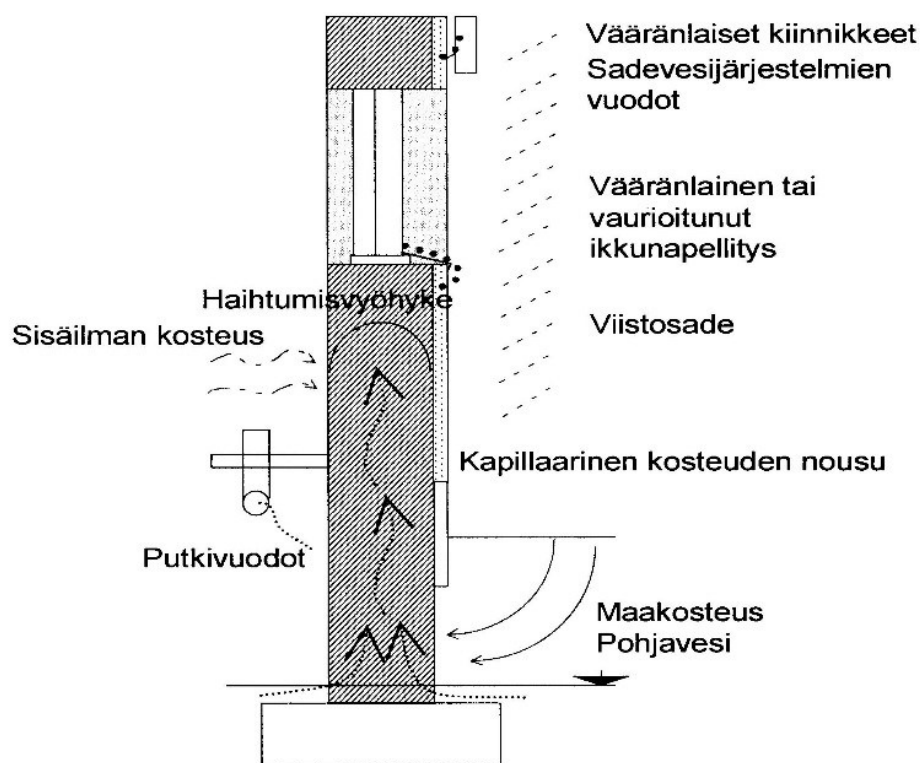
Rappausalustan kuntoon vaikuttavia vaurioita ovat esimerkiksi tiilien ja harkkojen tai muurauslaastin pakkasvauriot ja siitä aiheutuneet rapautumat ja kappaleiden irtoamiset. Muita vaurioita ovat rappausalustan halkeamat, muuraussaumoiissa olevien raudoitteiden korrosio, saumalaastin tartunta sekä rappausalustan pintaan muodostunut suolahärme. Rappausalustan materiaalien tulisi olla pakkasenkestäviä. Rappauksen ei kuitenkaan tulisi olla liian tiivis, mikä estäisi kosteuden haihtumista alustasta. Kuorimuureissa pakkasvauriot ja halkeilutaipumus ovat massiivitiiliseinä yleisempiä. (Rakennustietosäätiö 1996.) Rappausalustan pinnalla ei saa olla rappautta vahingoittavia aineita, kuten rasvaa, nokea, pölyä tai suolamuodostumia (Rakennustietosäätiö 2010, s. 303).

Tiilen materiaalkoostumus ja käytetyt lisäaineet sekä tiilen polttolämpötila vaikuttavat tiilen pakkasenkestävyyteen (Silvennoinen 1988, s. 14). Rappausalustassa käytettyjen tiilien polttoaste vaihtelee ja polttoasteella on merkitystä tiilien rapautumisherkkyyteen. Korkeammassa lämpötilassa poltetut tiilet ovat hyvin tiiviitä ja kestäviä, lisäksi niissä tavataan rapautumista harvemmin kuin matalampipolttoisissa tiilissä. (Perander, et al. 1985, s. 127.)

### **2.1.6 Rappauksen kosteustekninen toiminta**

Rakennuksen ulkoseinärakenteisiin vaikuttavia kosteuslähteitä on listattu alla sekä havainnollistettu kuvassa 2:

- vesi- ja lumisade
- sisä- ja ulkoilman kosteus
- maaperän kosteus
- pintavesi
- rakennuskosteus
- vuoto- ja roiskevedet.



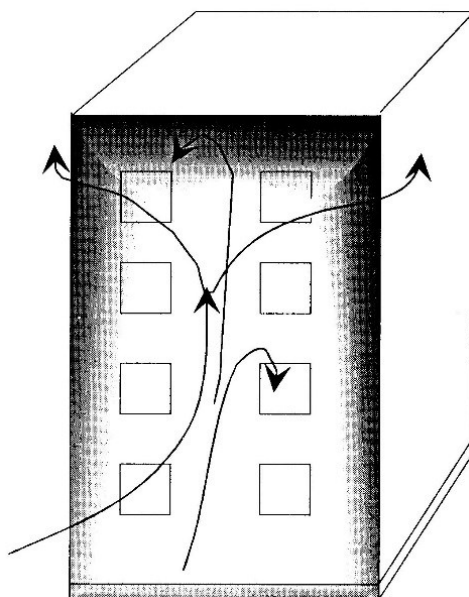
Kuva 2 Rapattuun seinään kohdistuvat kosteusrasitukset (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 20).

Kosteuslähteestä riippuen kosteusrasitus on hetkellistä tai pysyvää tai vastaavasti hyvin paikallista tai koko seinään kohdistuvaa. Tästä johtuen kosteusrasitukset eivät jakaannu tasaisesti rakennuksen julkisivuihin.

Merkittävin julkisivuun kohdistuva saderasitus on sateen ja tuulen yhteisvaikutuksesta aiheutuva viistosade. Viistosateen määrään vaikuttaa tuulen voimakkuus, sateen intensiteetti ja pisaroiden putoamisnopeus. Osa vedestä imeytyy rappauksen pintaan, määrän riippuessa rappauspinnan muodosta ja vedenimukyvyistä. Seinäpintaan kohdistuvan sademäärän ylittäessä rappauksen vedenimunopeuden, syntyy vesikalvo. Vesikalvon johdosta seinäpintaa pitkin valuva vesi voi kohdistaa seinän alaosiin runsaasti suoraan siihen kohdistunutta sademäärää suuremman kosteusrasituksen.

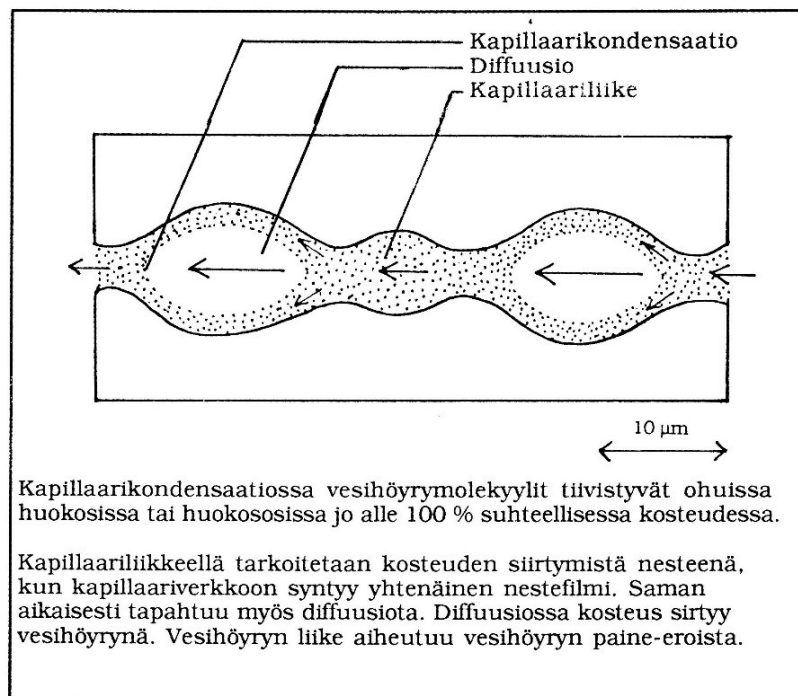
Viistosateen tuuli aiheuttaa rakennuksen julkisivuun tuulen puolelle ylipainetta ja vastakkaiselle julkisivulle alipainetta. Rasitukset ovat suurimmat julkisivun yläosassa ja nurkka-alueilla (Kuva 3). Tuulen muodostama ylipaine kasvattaa seinäpintaan muodostuneen vesikalvon aiheuttamia rasituksia. Viistosateen määrään vaikuttaa rakennuksen maantieteellinen sijainti, korkeus ja muoto sekä ympäristön maastonmuodot, kasvillisuus ja muut rakennukset. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 43-44.) (Dührkop, et al. 1966, s. 36-41.)





Kuva 3 Viistosaderasituksen kohdistuminen julkisivulle (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 21).

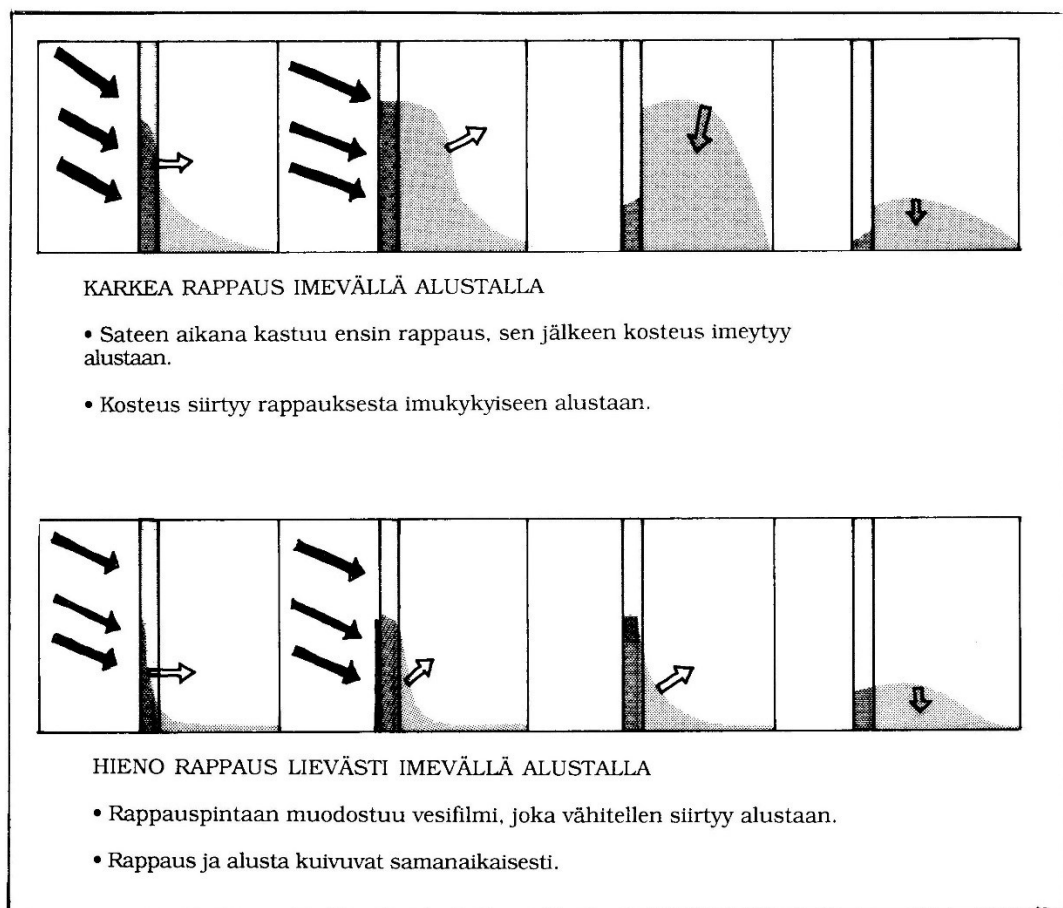
”Kosteus liikkuu rakenteessa vetenä ja vesihöyrynä. Kosteuden liikkumistapa riippuu rakenteissa olevasta vesimäärästä. Jos vettä on niin runsaasti, että se muodostaa yhtenäisen verkoston, kosteus liikkuu kapillaarisesti huokosesta toiseen. Rakenteen kuivuessa veden kapillaarilinjat katkeavat, jolloin kosteus liikkuu vesihöyrynä.” (Kuva 4) (Perander, et al. 1985, s. 68.)



Kuva 4 Kosteuden liikkuminen vetenä ja vesihöyrynä (Immonen & Råman 1990, s. 38).

Veden ja vesihöyryn siirtyminen seinärakenteessa tapahtuu materiaalien huokosissa. Tästä johtuen sekä rappauksen, että alustan huokoisuudella sekä huokosrakenteella on vaikutusta seinärakenteen kosteuskäyttäytymiseen. Veden imeytyminen ja rakenteen kuivuminen riippuu materiaalien huokosten kokojakaumasta. Adheesion vaikutuksesta ilman sisältämä vesihöyry täyttää materiaalin huokokset osittain. Materiaalin tasapainokosteus adheesion vaikutuksesta riippuu materiaalin huokosrakenteesta ja ilman suhteellisesta kosteudesta. Pienissä huokosissa adheesio on voimakkaampi ja ne pitävät veden tehokkaammin kuin suuret huokokset. Suuret huokokset kuitenkin imevät vettä nopeammin kuin pienet huokokset. Vesihöyryn liikkeen suuntaan vaikuttaa ilman lämpötila sekä vesihöyryn osapaine, liikkeen ollessa pienempää painetta kohti. Vesihöyryn lisäksi nestemäinen vesi siirtyy rakenteen huokosissa kapillaarivoimien vaikutuksesta. Pienissä huokosissa vaikuttaa suurempi kapillaarivoima kuin suurissa, mistä johtuen vesi voi siirtyä myös materiaalin sisällä suurista huokosista pieniin. Suurissa huokosissa kapillaarivoima voi heiketä niin, että veden siirtyminen pysähtyy. Veden siirtymiseen rakenteen halkeamissa ja saumoissa vaikuttaa lisäksi painovoima ja tuuli.

Viistosateen aikana rappauspinnan kaiken kokoiset huokokset imevät vettä. Suuret huokokset täyttyvät pieniä nopeammin. Vesi siirtyy rappauksessa ja rappausalustassa huokosia pitkin yhä syvemälle. Rappausalustan huokosten ollessa pienempiä kuin rappauksen, voi alusta imeä vettä rappauksen suuremmista huokosista vielä sateen jälkeenkin. (Kuva 5)

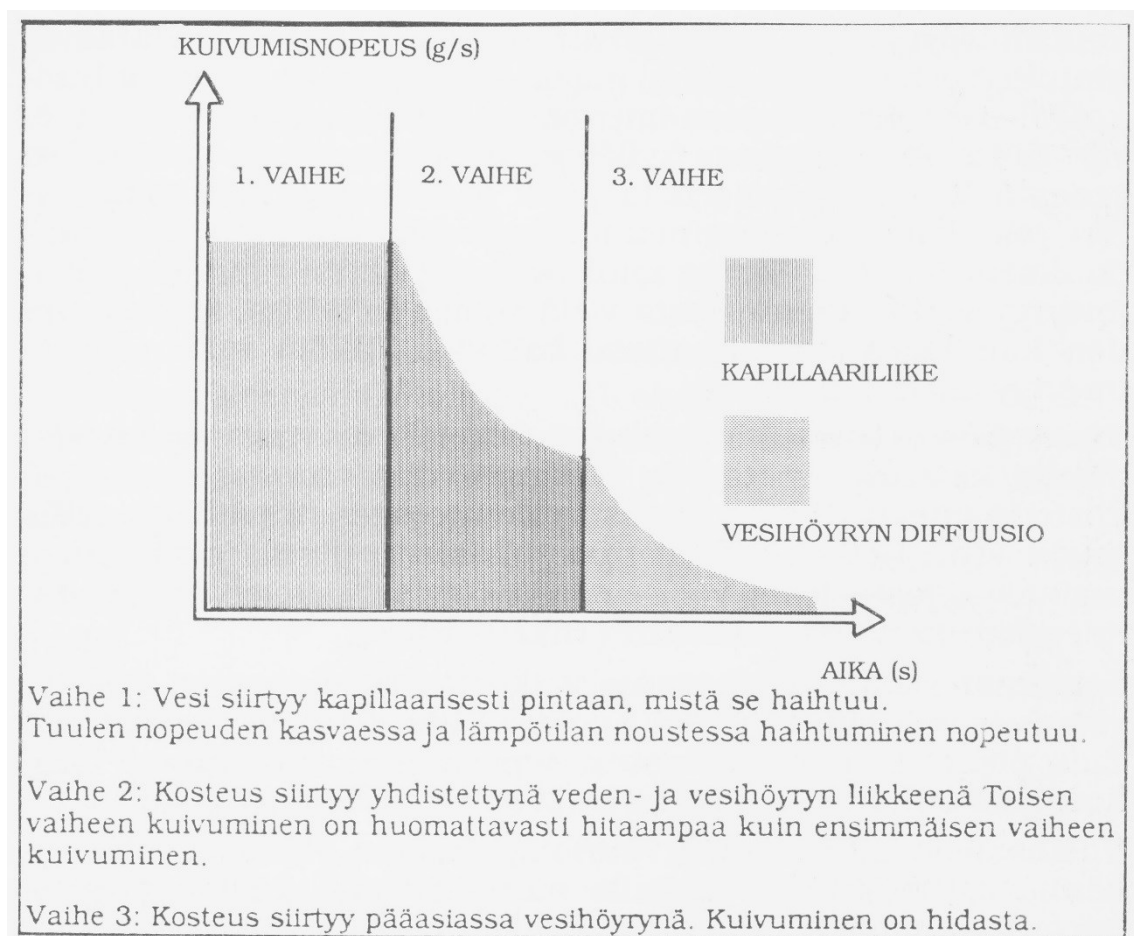


Kuva 5 Rapattujen seinien kosteuden muutokset voimakkaan sateen aikana (Immonen & Råman 1990, s. 41).

Sateen lisäksi seinärakenteen kosteuteen vaikuttavat muut rakenteeseen kohdistuvat kosteuslähteet. Esimerkiksi maaperän kosteus tai pintavedet voivat nousta kapillaarisesti seinämateriaaleissa. Nousukorkeuteen vaikuttaa materiaalin huokosrakenne sekä rakenteen kuivuminen. (Perander, et al. 1985, s. 74.)

Rapatun seinärakenteen kastumiseen ja kuivumiseen pystytään vaikuttamaan materiaali- ja rappaustyypivalinnoilla sekä rappauksen paksuudella. Paksu rappaus kastuu sekä kuivuu ohutta rappausta nopeammin. Rappauksen paksuus vaikuttaa lisäksi alustaan imeytyvän veden määrään. Ohut rappaus kastuu nopeasti läpi kun vastaavasti paksu rappaus kastuu hitaammin ja näin vähentää alustaan imeytyvän veden määrää. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 53-54.)

Rapatun ulkoseinärakenteen kuivuminen tapahtuu seinän ulkopinnan kautta, poikkeuksena tuulettuvat kuorimuurirakenteet, missä kuivuminen tapahtuu lisäksi tuuletusraon kautta. Kuivumisen alkuvaiheessa, kun materiaalien huokosissa on runsaasti vettä, vesi kulkee kapillaarivoimien johdosta seinän pintaan, mistä se haihtuu. Vesimäärän vähentyessä materiaalien huokosissa, veden kapillaarinen liike pysähtyy suurissa huokosissa, liikkeen jatkuessa vielä pienissä huokosissa. Suurissa huokosissa kosteus liikkuu vain vesihöyrynä kohti pintaa. Vesimäärän vähentyessä kapillaarinen liike pysähtyy myös pienissä huokosissa ja kosteuden siirtyminen jatkuu ainoastaan vesihöyrynä. (Kuva 6)



Kuva 6 Kuivumisvaiheiden periaatteellinen jako (Immonen & Råman 1990, s. 42).

Kapillaaristen voimien johdosta pintaan siirtynen veden haihtumisnopeuteen vaikuttaa tuulennopeus sekä ulkoilman lämpötila. Tuulennopeuden ja lämpötilan kasvaminen nopeuttavat haihtumista. Ulkoilman lämpötila vaikuttaa myös vesihöyryn liikkeen nopeuteen seinärakenteessa, sillä lämpötilan nouseminen kasvattaa ilman vesihöyrypitoisuutta. Lisäksi vesihöyryn liikkeeseen vaikuttaa materiaalin vesihöyrynläpäisevyys. (Perander, et al. 1985, s. 72-74.)

### 2.1.7 Jäätymiskäyttäytyminen

Ulkolämpötilan laskiessa pakkasen puolelle rappausrakenteessa oleva vesi alkaa jäätymään. Laastissa olevat suolat liukenevat veteen mikä alentaa veden jäätymispistettä. Jäätymisen alkaa suurista huokosista ja lämpötilan laskiessa aina pienemmissä huokosissa oleva vesi jäätyy. Vesi laajenee jäätyessään yhdeksän prosenttia, jolloin jää laajenee lähellä oleviin vapaisiin huokosiin. Jos vapaita huokosia ei ole riittävästi riittävän lähellä, kohdistuu laajenemisesta aiheutuva paine huokosten seiniin ja syntyvistä leikkausjännityksistä johtuen rakenne murtuu. Jos rappausalustassa on vapaita huokosia, voi jäätymisestä aiheutuva hydraulinen paine tasaantua alustaan. Toisaalta jos alusta on veden kyllästämä tai muuten imukyvytön voi rappauksesta laajentuva vesi jäätymään rappauksen ja alustan rajapintaan. Lämpötilan edelleen laskiessa jään muodonmuutokset ovat noin kuusi kertaa suuremmat kuin laastin muodonmuutokset, minkä johdosta jäätyneisiin huokosiin tulee tilaa. Tyhjään tilaan imeytyy vettä ympäröivistä huokosista. Lämpötilan noustessa jää ei mahdu laajentumaan, mikä aiheuttaa laastin vaurioitumisen. Rappauksen pakkasvaurioihin vaikuttaa materiaalien huokosverkoston rakenteen lisäksi huokosten vedellä täyttymisaste. Erityisen vahingollisia rappaukselle ovat tiheät jäätymis- ja sulamissyklit. Lisäksi on huomioitava, että erityisen vahingollista on vielä kovettumisvaiheessa olevan rappauksen jäätymisen, mikä tulee ottaa huomioon rappausajankohtaa valittaessa.

Rappauksen pakkasenkestävyyteen vaikuttaa materiaalin huokosrakenteen lisäksi materiaalien lujuus sekä muodonmuutoskyky. Rappauksen pinnoitteen ollessa liian tiivis kosteus ei pääse haihtumaan, vaan kerääntyy pinnoitteen alle ja jäätyessään irrottaa pinnoitteen rappauksesta. Normaalirasitusolosuhteissa rappauksen pakkasenkestävyys varmistetaan käyttämällä laastissa lisähuokostinta, mikä avulla saavutetaan tuoreen laastin ilmapitoisuudeksi 12-15%. Ilmapitoisuus on kuitenkin riippuvainen käytettävästä laastista, lisäksi kalkki- sekä kalkkisementtilaastit vaativat erilaiset huokostusaineet. (Perander, et al. 1985, s. 75-77) (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 26-27) (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 45-46.)

### 2.1.8 Rasitukset

Rapattuun julkisivuun kohdistuvat rasitukset voidaan jakaa ilmaston ja ympäristön rasituksiin sekä mekaanisiin rasituksiin. Rasituksien jaotteleminen on haastavaa, sillä rasitukset liittyvät vahvasti toisiinsa tai ovat toistensa seurauksia.

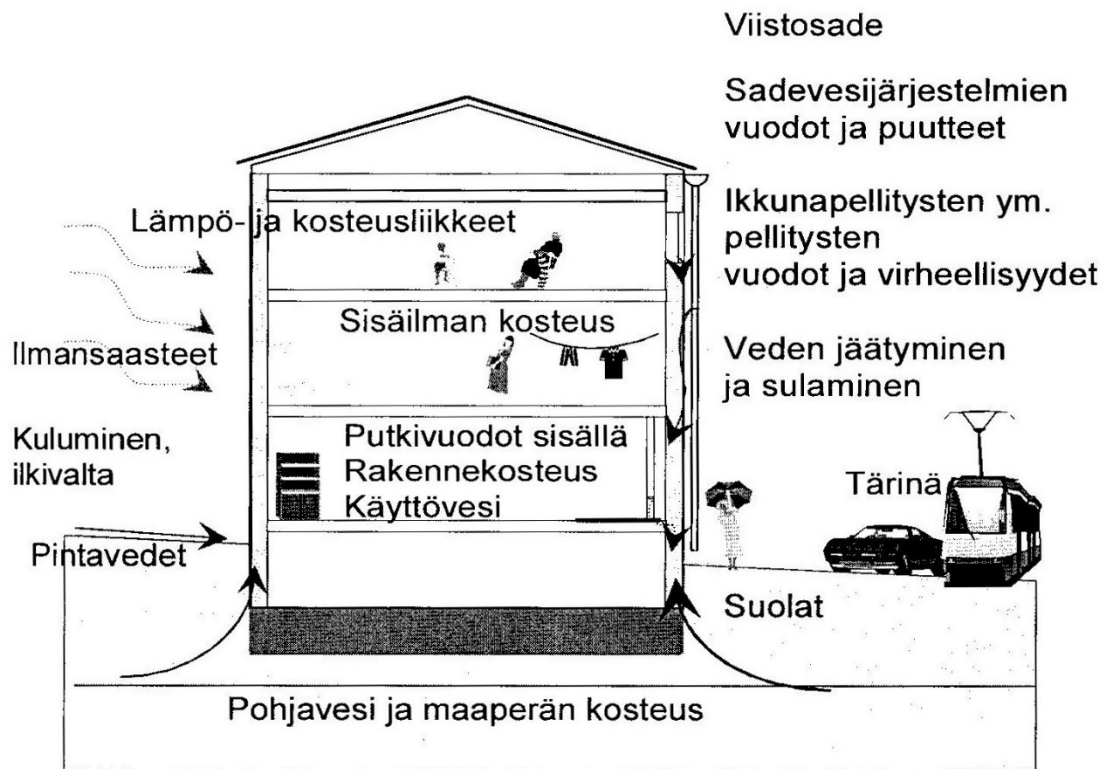
Ilmaston ja ympäristön aiheuttamia rasituksia on listattu alla sekä havainnollistettu kuvassa 7:

- kosteus eri lähteistä
- rakenteen toistuva jäätymisen ja sulaminen
- lämpötilavaihtelut
- auringon lämpö- ja UV-säteily

- ilman kaasut ja epäpuhtaudet
- biologiset tekijät:
  - sammalkasvustot ja muu kasvillisuus.

Mekaaniset rasitukset:

- rakenteen omapaino
- tuulenpaine ja tuulen imu
- törmäys ja iskukuormat
- rappaukseen ja alustaan lämmön ja kosteuden aiheuttamat muodonmuutokset
- rakenteiden liikkeet ja kuormituksen muutokset.



Kuva 7 Rakennuksen julkisivuun kohdistuvat rasitukset (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 13).

Ylimääräistä kosteusrasitusta voi aiheuttaa huonosti suunnitellut ja toteutetut yksityiskohdat esimerkiksi:

- räystäät, kourut ja syöksytorvet
- ikkunapellitykset
- parvekkeet
- reunukset, listat ja tasanteet
- muut rakenteen epäjatkuvuuskohdat.

### 2.1.9 Laastin ja alustan yhteistoiminta

Rappaukselta ja alustalta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, jotta rappaus ja alusta muodostaisivat toimivan kokonaisuuden. Rappauksen tulee olla riittävän luja, että se kestää kuluusta ja iskuja. Lujuuden tulee kuitenkin heikentyä pintaa kohti, eikä lujuus saa olla liian suuri, mikä voi aiheuttaa liiallisia jännityksiä ja siten vaurioita. Lisäksi muodonmuutoskerroimien erot eri rappauskerrosten sekä alustan välillä eivät saa olla niin suuria, että rappaukseen syntyy vaurioita. Rappaus ja rappauksen pinta ei saa olla liian tiivis, jotta rappauksessa oleva kosteus pääsee haihtumaan ja rakenne kuivuu. Rappausalustan tulee olla rappautta lujempi. Lisäksi rappausalustalla tulee olla hyvä pakkasen kestävyys ja tartuntapinta sekä tasainen vedenimukyky. Lisäksi oikein suunnitellut liikuntasaumot vähentävät vauriota julkisivussa. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 12-13.) Korjauslaastin ei tulisi olla lujempaa tai tiiviimpää kuin vanha laasti (Von Konow 2006, s. 77).

Muodonmuutoksien aiheuttamiin vaurioihin voidaan vaikuttaa suhteuttamalla alustan ja rappauksen kimmo- ja lämpölaajenemiskertoimet toisiinsa, mikä alentaa syntyviä jännityksiä. Lämpölaajenemiskertoimet tulisi olla yhtä suuret tai rappauksella alustaa pienempi kerroin, jotta yhteistoiminnalle olisi parhaat edellytykset. Muodonmuutokset eivät myöskään välttämättä aiheuta vaurioita jos rappauksen jäykkyys on pieni. (Perander, et al. 1985, s. 79-80.)

Rappausalustalla tulee olla rappautyyppiin soveltuvat tartuntaominaisuudet, vedenimukyky ja -nopeus sekä pinnan karheus. Lisäksi alustan tulee olla fysikaalisesti ja kemiallisesti yhteensopiva käytettyjen rappauslaastien kanssa. Alustan sekä rappauksen tulee olla alkalin kestäviä. Rappaus ei saa haitallisesti lisätä alustan kosteuspitoisuutta tai hidastaa alustan kuivumista. Alustan pakkasenkestävyydessä tulee huomioida myös rappauksen aiheuttamat muutokset kosteuskäyttäytymisessä. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 16-17.) ”Rappauslaasteja valittaessa tulee laastiyhdistelmien valinta tehdä lähtökohtaisesti saman valmistajan tuotteista. Eri valmistajien tuotteissa saattaa olla sellaisia eroja, etteivät ne aina sellaisenaan sovellut käytettäväksi ristiin.” (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 73.)

Taulukossa 2 on esitelty kolmesta lähteestä suositeltavia alusta ja laasti yhdistelmiä. Taulukossa esitetyt laastit ovat kalkkisementtilaasteja jos muuta ei ole mainittu.

Taulukko 2 Suositeltuja alusta ja laasti yhdistelmiä

			Kolmikerrosrappaus			Kaksikerrosrappaus		Ohut- rappaus
			Rasitus	Tartunta	Täyttö	Pinta	Tartunta/ täyttö	Pinta
(Suomen Betoniyhdistys 2005)	<b>Poltettu tiili, kalkkiahkakaivi</b> (kylmä kuorimuuri) Keskinkertainen vedenimukyky	Tavanomainen	35/65/500	50/50/600	65/35/600			
		Voimakas	10/90/350	35/65/500	50/50/600			
	<b>Betoni, betoniharkko</b> Hidas tai heikko vedenimukyky	Tavanomainen	10/90/350	50/50/600	65/35/600			
		Voimakas	10/90/350	35/65/500	50/50/600			
	<b>Kevytsoharkko</b> Hidas tai heikko vedenimukyky (Rappausverkkoa suositellaan)	Tavanomainen	35/65/500	50/50/600	65/35/600			
			...	...	...			
		Voimakas	10/90/350	35/65/500	50/50/600			
			...	...	...			
	<b>Karkaistu kevytbetoni</b> Voimakas vedenimukyky (Rappausverkkoa käytettävä)	Tavanomainen	35/65/500	50/50/600	65/35/600			
		Voimakas	35/65/500	50/50/600	65/35/600 ... 50/50/600			
	<b>Poltettu tiili, kalkkiahkakaivi</b> (massiivinen tiilimuuri) Suuri vedenimukyky, suuri kosteuskapasiteetti	Tavanomainen	65/35/500	70/30/500	K 100/600			
		Voimakas	35/65/400	50/50/600	50/50/600			
(Suomen Betoniyhdistys 1999)	<b>Poltettu tiili</b> Massiivinen tiiliseinä esim. vanhat tiiliseinät Suuri vedenimukyky ja kosteuskapasiteetti		35/65/500 ... 70/30/650	50/50/650 ... K 100/650	65/35/650 ... K 100/650			50/50/600 ... 70/30/650
	<b>Poltettu tiili Kalkkiahkakaivi</b> Kylmä kuorimuuri Alhainen vedenimukyky		10/90/450 ... 35/65/500	35/65/500 ... 50/50/600	50/50/600 ... 65/35/650	10/90/400 ... 35/65/500	50/50/600 ... 65/35/650	35/65/500 ... 65/35/600
	<b>Betoniharkko, betoni</b> hidas ja heikko vedenimukyky		10/90/400 ... 20/80/450	35/65/500 ... 50/50/600	50/50/600 ... 65/35/650	10/90/400 ... 20/80/450	35/65/500 ... 65/35/650	10/90/350
	<b>Karkaistu kevytbetoni</b> (esim. Siporex) Voimakas vedenimukyky (rappausverkkoa suositellaan)		10/90/400 ... 35/65/500	35/65/500 ... 50/50/600	50/50/600 ... 65/35/650			
	<b>Kevytsoharkko</b> Hidas tai heikko vedenimukyky (Rappausverkkoa suositellaan)		10/90/400 ... 20/80/450	35/65/500 ... 50/50/600	50/50/600 ... 65/35/650	10/90/400 ... 20/80/450	35/65/500 ... 65/35/650	
	<b>Massiivitiilijulkisivu vanhalla kalkkirappauksella</b> vaihteleva vedenimukyky		K 100/600 KKh 40/60/500 65/35/650	K 100/600 KKh 40/60/500 65/35/650	K 100/600			
	<b>Erittäin kovat betoni- ja luonnonkivipinnat</b> sekä kylmät rakennukset		10/90/450 80-90%	65/35/575	65/35/575			
(Museovirasto 2001)	<b>Tumma poltettu tiili,</b> lämmitetty ja kylmät rakennukset		20/80/450 70-80%	65/35/575	K 100/500-700			
	<b>Normaalipolttoinen tiili,</b> lämmitetty rakennukset					65/35/575	K 100/500-700	

Råman ja Thorborg (1985, s. 62) tutkivat erilaisten laastien soveltuvuutta rappauksien uusi-  
miseen ja korjaamiseen historiallisissa kohteissa. Tutkimuksessaan he päätyivät siihen, että  
puhdas kalkkilaasti ei sovellu Suomen ilmasto-olosuhteissa rappauksiin. Sideaineesta 65  
prosentin ollessa kalkkia tulisi loput sideaineesta olla hydraulista. Lisäksi sopivaksi side-  
aine-runkoaine suhteeksi osoittautui 100/400-500.

Rappauskorjauksessa laastinvalinnan tulisi aina alkaa vanhan laastin analysoinnilla. Vanhaa  
laastia voidaan yrittää kopioida tai vaihtoehtoisesti luoda ominaisuuksiltaan vastaava laasti.  
Vanhan laastin kopioinnissa ei voida täysin onnistua niin, että uusi laasti vastaisi nopeasti  
vanhan ominaisuuksia, koska vanha laasti on ikääntynyt, mikä on muuttanut sen ominai-  
suuksia. Lisäksi vanhan laastin raaka-aineita ei välttämättä ole saatavilla, esimerkiksi nykyi-  
set kiviainekset voivat poiketa vanhasta laastista. (Foster 2012, s. 204-205.)

## **2.2 Rappauksien ongelmat**

### **2.2.1 Vauriot**

Rapatun julkisivun vauriot voivat olla vain esteettisiä tai niillä voi olla vaikutusta rakenteen  
toimintaan. Vaurioita voi esiintyä rappauksen eri kerroksissa, pinnoitteessa ja rappausalus-  
tassa. Vaurion laadusta riippuen se voi koskea kaikkia rakennekerroksia tai vain yhtä tai se  
voi olla paikallinen tai koko rakennetta koskeva. Rasiuksien lisäksi vaurioita voi aiheuttaa  
soveltumattomat työmenetelmät tai materiaalit.

Rapatut julkisivut ovat herkkiä kosteusrasituksille, mitkä voivat aiheuttaa pakkasrapautu-  
mista ja paikallista rappauksen irtoamista mikäli rappauksen pakkasenkestävyys ei ole riit-  
tävä. Pakkasrapautumaan vaikuttavat rakenteen jäätymis – sulamisvaiheiden nopeus ja lu-  
kumäärä. (Rakennustietosäätiö 1996.)

Jos julkisivu on jatkuvasti kostea voi rappauspintaan kasvaa leviä, sammalia tai jäkälää sekä  
homesieniä. Kasvustot voivat vaurioittaa rappautta ja sen pinnoitetta. (Brasholz 1985, s.  
101-103.) Kasvustot voivat vaikuttaa julkisivun vaurioitumiseen myös välillisesti, sillä kas-  
vuston alla rappaus pysyy kosteampana. Lisäksi kasvustot vaikuttavat rappauksen ulkonä-  
köön. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 35.)

Lämpö- ja kosteusliikkeiden aiheuttamat muodonmuutokset sekä perustusten epätasainen  
painuminen voivat aiheuttaa rappaukseen jännityksiä, jotka johtavat halkeiluun  
(Rakennustietosäätiö 1996). Rappauksen halkeamia voivat aiheuttaa liian paksu rappausker-  
ros tai rappauskerroksen paksuuden vaihtelu, rappauksen kuivumisesta aiheutuvat kuivumis-  
kutistumat sekä erilaiset muodonmuutokset. Halkeilua voi aiheuttaa rakennuksen muodon-  
muutokset, kuten perustusten tai välipohjan painuminen, maaperän painuessa myös perus-  
tukseen tulee halkeamia. Alustan kutistuminen tai sauma- ja liitoskohdat aiheuttavat muo-  
donmuutoksia ja halkeamia. Muuriaukoissa puuikkunoiden puristus voi aiheuttaa halkeamia.  
(Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 36-37.)

Rappauksen halkeamista vesi pääsee kulkeutumaan rappauskerrokseen ja alustaan. Vettä  
imevillä ja hitaasti imevillä pinnoilla, jolloin vesikalvo muodostuu nopeasti, voi hal-  
keaman kautta rakenteeseen kulkeutuva vesimäärä olla huomattava. Halkeaman alueelle ai-  
heutuu paikallisesti kohonnutta kosteusrasitusta, mikä voi aiheuttaa jäätymisen yhteydessä  
rappauksen ja alustan pakkasrapautumista. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 55.)

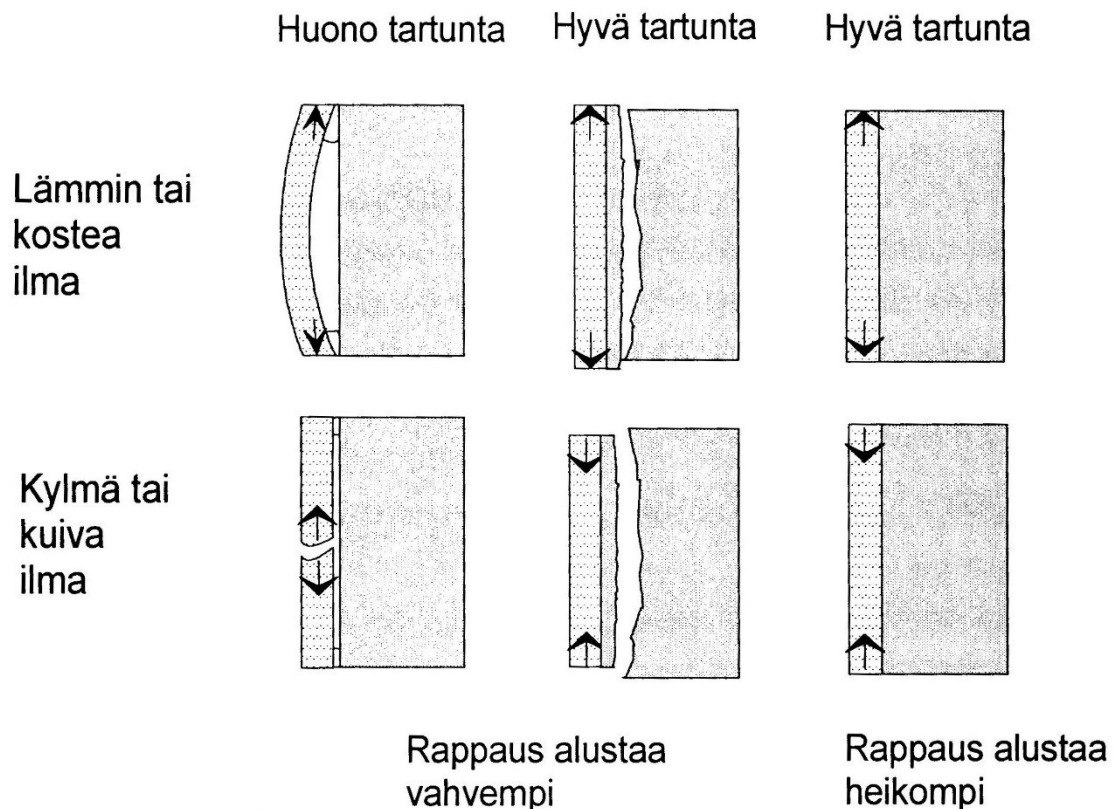


”Rappauksen halkeiluun voidaan vaikuttaa liikuntasauvojen määrällä ja sijoittelulla, rapauslaastin ominaisuuksilla sekä työtekniikoilla” (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 55).

Seinän vaurio voi olla hyvin paikallinen, esimerkiksi jos räystäskouru tai syöksytorvi vuotaa ja kastelee seinää. Jatkuva jäätymisrasitus rapauttaa vauriokohdan rappauskerroksia. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 37.)

Rappauksen lohkeilu voi johtua rappaustyön aikana tehdyistä virheistä tai rappauksen puutteellisesta toiminnasta. Rappauskerrostenvälinen huono tartunta voi johtua työvirheestä. Lohkeilu voi johtua myös liikaa sideainetta sisältävästä pintarappauksesta, mikä on aiheuttanut liiallista kutistumaa. Lisäksi rappaustyön jälkeinen pakkanen voi aiheuttaa lohkeilua jos rappaus pääsee jäätymään liian aikaisin. Lohkeilu rappauskerrosten irtoaminen voi johtua myös suolan tai jään kiteytymisestä. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 38.)

Rappaus voi irrota alemmasta rappauskerroksesta tai alustasta ilman, että rappauksen pinta rikkoutuu. Rappauksen tartunta alustaan voi olla huono, jos alustalla on liian alhainen vedeneräkyvyys tai on käytetty väärää työtekniikoita tai alustaa ei puhdistettu riittävästi ennen rappausta. Lisäksi alustan ja rappauksen poikkeavat muodonmuutokset aiheuttavat leikkausjännityksiä ja murtumia. Alustan ja rappauksen lujuus- ja jäykkyysuhteet määrittelevät missä kohtaa rakennetta murtuma tapahtuu (Kuva 8). Mahdollisen alustaan kiinnitetyn rappausverkon korroosio voi myös irrottaa rappauksen rappausverkosta. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 38-39.)



Kuva 8 Rappausten ja alustojen vaurioituminen lämpö- ja kosteusliikkeiden vaikutuksesta (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 28).

Soveltumaton laasti paikka-rappauksessa voi vaurioittaa paikkauksen ympärillä olevaa vanhaa rappautusta tai rappausalustaa (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 40). Paikkakorjauksissa käytettävän laastin tulee vastata vanhaa rappautusta, eikä sen tulisi olla vanhaa tai alempia rappauskerroksia lujempaa (Rakennustietosäätiö 1996, s. 9).

Rappauksen maalipinnan vaurioita ovat halkeilu, hilseily ja lohkeilu. Vaurionaiheuttajia voivat olla maalin liiallinen kutistuminen kovettumisvaiheessa, auringon uv-säteily, lämpö- ja kosteusrasitukset sekä hapettuminen. Maalipinnan huono tartunta voi johtua myös epäsuotuisista olosuhteista tai työvirheistä maalaustyön aikana. Lisäksi suolojen kiteytyminen tai veden jäätyminen voi irrottaa maalin alustasta. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 35-36.)

Julkisivurakenteissa esiintyy suoloja, jotka voivat aiheuttaa kiteytyessään vaurioita. Suolat voivat olla peräisin käytetyistä materiaaleista, toiminnasta rakennuksessa, maaperästä, katu- ja suolauksesta tai merivedestä. Vesiliukoiset suolat liikkuvat rakenteessa kapillaariveden mukana ja kiteytyvät veden haihtuessa. Kiteytyminen rappauksen pintaan on pääasiassa esteettinen haitta mutta toistuva suolojen kiteytyminen rappauksen pinnassa voi rapauttaa rappauksen pintaa. Suolojen kiteytyminen voi tapahtua myös rakenteen sisällä, jolloin rappaus tai alusta voi vaurioitua. Tiiviin pinnan alla suolojen kiteytyminen voi irrottaa pinnoitteen tai uloimman rappauskerroksen alustastaan. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 27)

Sementti- ja kalkkisementtilaastien käytöstä voi rappauksen pinnassa esiintyä suolahärmettä. Suolat voivat olla peräisin rappauksen lisäksi alustassa olevasta sementistä. Runsas suolan muodostus julkisivun pintaan voi olla myös merkki runsaasta kosteusrasituksesta tai -vauriosta. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 51-52.)

Ilman rikkidioksidista muodostuu hapen ja veden kanssa rikkihappoa, mikä vaurioittaa kalkkipitoisia pinnoitteita. Rikkihapon reaktiossa kalkkimaalin ja -rappauksen kanssa syntyy kipsiä. Kipsi liukenee pois seinäpinnalta ja rakenne turmeltuu sekä materiaali ohentuu. Lisäksi rikkiyhdisteet voivat aiheuttaa pinnoitteen värinmuutoksia reaktiossa rautaoksidipigmenttien kanssa. (Immonen & Råman 1990, s. 48-49.)

Kipsin muodostumista tukee myös Silvennoisen ja Pyy (1988, s. 55) tutkimus rikkidioksidin ja happamien sateiden vaikutuksesta rappauksiin. Tutkimuksen mukaan paikallisilla piste- tai aluekohtaisilla rikkipäästöillä on oleellinen merkitys kipsin muodostumiselle.

Pääasiallisesti vain rappauksen ulkonäköön vaikuttavia vaurioita ovat epätasainen pinta tai pinnan väri sekä liituuntuminen. Liituuntuminen on auringon UV-säteilyn aiheuttamaa orgaanisen maalin sideaineen kulumista ja pinnalle muodostuvaa pölykalvoa. Epätasaiseen väriin voi vaikuttaa alustan vaihteleva imukyky, poikkeamat pinnan kovettumisolosuhteissa ja laastin tai maalin pigmenttien kestättömyys auringon säteilyä vastaan. Lisäksi julkisivun pinnan erivärisyyteen voi vaikuttaa pinnan epätasainen likaantuminen ja kuluminen. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 34-35.)

## **2.2.2 Suunnittelu- ja työvirheet sekä työolosuhteet**

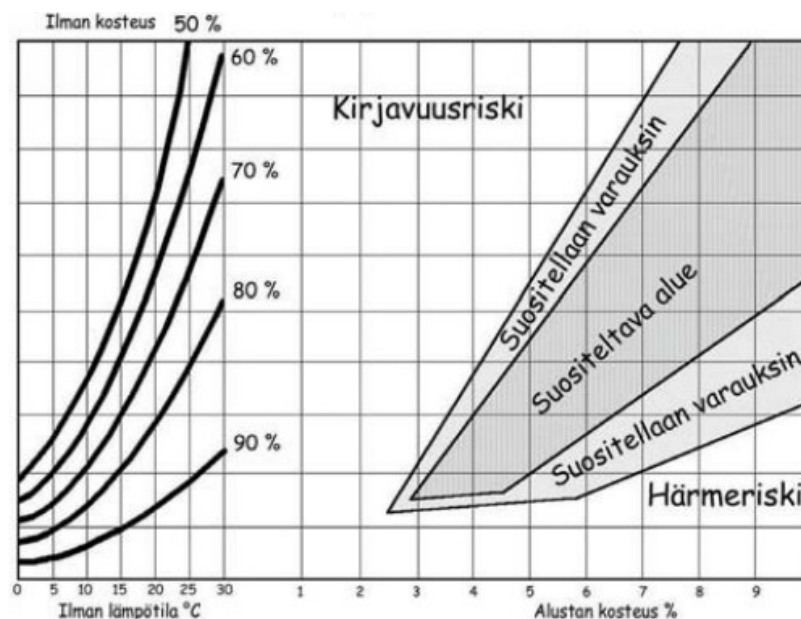
Julkisivurappauksen turmeltumista saattaa kiihdyttää materiaalivalinnoissa tai työmenetelmissä tehdyt virheet. Saatetaan käyttää soveltumattomia laastiyhdistelmiä, vanhaan rappaukseen soveltumatonta paikka-rappautusta tai alustalle liian lujaa rappautusta, mitkä voivat aiheut-

taa rappauksen vaurioitumista. Saatetaan käyttää soveltumattomia työmenetelmiä, esimerkiksi laastin vetämistä laudalla lyömisen sijaan. Rappaustyö voidaan suorittaa liian kuumalla tai voimakkaassa auringon paisteessa tai toisaalta liian myöhään syksyllä. Lisäksi alustan ja valmiin rappauksen kostutuksessa voi olla puutteita. Työnaikaiset laiminlyönnit voivat aiheuttaa rappauksen heikkoa tartuntaa tai ulkonäkövirheitä. Rappauksen epätasainen pinta ja väri voi johtua laastierien erilaisista seossuhteista ja runkoaineista tai erilaisesta laastin työstöstä. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 19.) Rappausalustan huono esikäsittely, esimerkiksi liian heikko kunto tai likainen pinta voivat aiheuttaa heikkoa rappauksen tartuntaa alustaan (Rakennustietosäätiö 1996, s. 6).

Virheellisesti suunnitellut tai toteutetut pellitykset sekä parvekkeiden ja katosten vedenpoistot voivat aiheuttaa rappaukselle ylimääräistä kosteusrasitusta. Lisäksi kiinnitykset ja läpiviennit voivat virheellisesti asennettuna johtaa kosteutta seinärakenteisiin. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 39-40.)

Rappauskorjausten onnistumiseen vaikuttaa voimakkaasti sääolosuhteet korjauksen aikana ja sen jälkeen. Sääolosuhteissa tulee huomioida ilman lämpötila, tuuli, sade ja auringon paiste. Sääolosuhteilla on vaikutusta niin koko seinän kattavissa kuin pienissäkin korjauksissa sekä pinnoitustöissä. Erityisesti sementtipitoisilla laasteilla myös jälkihoidolla on suuri vaikutus laastin plastiseen kutistumaan, härmehtimiseen sekä värillisen pintalaastin väriin. Rappauskorjaukset suositellaan tehtäväksi suojatuilta telineiltä, sillä muuten olosuhteiden hallinta on erittäin vaikeaa. (Julkisivuyhdistys ry 2005, s. 16.)

Julkisivurappauksen pintaan muodostuvaa suolahärmeen määrää voidaan vähentää rappaus-työn suorittamisella suotuisissa olosuhteissa. Lisäksi suolahärmeen määrää vähentää rappauksen suojaaminen valuvalla sadevedeltä. (Suomen Betoniyhdistys 2005, s. 52.) Kuvan 9:n kaavio auttaa arvioimaan alustan ja ilman kosteuden sekä ilman lämpötilan mukaan määriteltäviä soveltuvia rappausolosuhteita.



Kuva 9 Rappausavain (Julkisivuyhdistys ry 2005, s. 17).

### 2.2.3 Muutokset

Syy historiallisten rakennusten rappausvaurioihin liittyvät rakennuksen käyttöhistoriaan, rakenteellisiin ratkaisuihin ja käytettyihin materiaaleihin. ”Rakenteelliset muutokset ja ”ko-keileva restaurointi” ovat muuttaneen alkuperäisten rakenteiden toimintaa, mikä on johtanut vaurioihin. Lähes poikkeuksetta kosteus on osasyy vaurioihin.” ”Rappausvaurioiden rinnalla ilmenee myös muita vaurioita, joita virheellinen rappaus pahentaa. Kosteusteknisesti toimimattoman ulkorappauksen ja rakenteellisten tekijöiden seurauksena kosteus voi vaurioittaa seinien sisäpintoja.” (Perander, et al. 1985, s. 16.)

Monet vanhat rakennukset, joissa maakosteus nousee kapillaarisesti seinää ylös, ovat säilyneet vuosisatoja ilman rappautusta. Rappauksen jälkeen vakavia vaurioita on havaittu jo muutamana vuoden sisällä. Vesi ei pääse rappauksen läpi haihtumaan yhtä hyvin, mistä johtuen seinän kapillaarinen kyllästymispiste saavutetaan nopeasti ja veden kapillaarinen nousukorkeus voi olla moninkertainen rappaamattomaan seinään verrattuna. Kosteuden lisääntyminen voi aiheuttaa pakkasrapautumista ja rappauksen tartunnan pettämistä. (Perander, et al. 1985, s. 75.)

Rakennuksen lämmittäminen vaikuttaa rakennuksessa esiintyvien suolojen ja rapautuvien tiilien määrään. Aina kylmillään olevissa ja kosteissa tiloissa suoloja voidaan havaita runsaasti mutta tiilien rapautuminen ei ole yleistä. Jaksottainen lämmittäminen aiheuttaa tiilille suuremman rapautumisalttiuden. (Perander, et al. 1985, s. 129.)

Muutokset julkisivun lämpöliikkeissä, kuten rakennuksen sisäpuolinen lisälämmöneristäminen, voivat lisätä rappaukseen ja rappausalustaan kohdistuvia rasituksia, sillä lämpövuodon aleneminen hidastaa kosteuden poistumista rakenteesta (Rakennustietosäätiö 1996, s. 4). Kohonnut kosteuspitoisuus voi johtaa rappauksen tai rappausalustan pakkasvaurioihin.

Rakennuksen käyttö, korjaukset ja ympäristö voi muuttua rakennuksen elinkaaren aikana ja vaikuttaa julkisivuun kohdistuviin rasituksiin. Rakennuksen käytön muutoksilla, kuten esimerkiksi sisätilan lämpötilalla sekä kosteuden tuotolla on vaikutusta julkisivurakenteen toimintaan. Julkisivulle ja rakennuksen muille rakenteille tehdyt korjaukset voivat vaikuttaa julkisivuun kohdistuviin rasituksiin sekä niiden vaikutuksiin. Lisäksi rakennuksen ympäristössä tapahtuvat muutokset vaikuttavat rakennukseen kohdistuviin rasituksiin. Ympäristölle rakennetut tai lähietäisyydeltä puretut rakennukset voivat vaikuttaa rakennukseen kohdistuviin tuuliin sekä varjoihin. Kasvillisuus rakennuksen seinällä tai ympäristössä vaikuttavat julkisivun rasituksiin. Lisäksi rakennukseen kohdistuvat värähtelyt voivat muuttua rakennuksen elinkaaren aikana, johtuen teistä, rautateistä tai mahdollisista louhinnoista.

## 2.3 Rappaukseen vaikuttavat muut kuin tekniset asiat

### 2.3.1 Suojelu

Rakennuksia suojellaan arkkitehtonisten, historiallisten ja ympäristöllisten arvojen johdosta. Rakennusperinnön suojelemisesta asetetun lain tavoitteena on: ”turvata rakennetun kulttuuriympäristön ajallinen ja alueellinen monimuotoisuus, vaalia sen ominaisluonnetta ja erityispiirteitä sekä edistää sen kulttuurisesti kestävää hoitoa ja käyttöä. Rakennettua kulttuuriympäristöä kutsutaan rakennusperinnöksi.” (Laki rakennusperinnön suojelemisesta 498/2010.)

Suojelun taustalla ovat laki rakennusperinnön suojelemisesta, maankäyttö- ja rakennuslaki sekä -asetus. Lisäksi perustuslaissa on viittaus rakennusten suojeluun. Kirkollisten rakennusten suojelusta on erikseen vaatimukset kirkkolaissa ja laissa ortodoksisesta kirkosta. Laki rakennuskannan suojelemisesta painottaa kohteen kulttuurihistoriallisia arvoja, kun maankäyttö- ja rakennuslaki painottaa konkreettisen rakennuskannan ja maisemien vaalimista sekä määrittää rakennusten suojelun kaavoissa. Perustuslain 20. §:ssä sanotaan: ”Vastuu luonnosta ja sen monimuotoisuudesta, ympäristöstä ja kulttuuriperinnöstä kuuluu kaikille.” (Kivilaakso 2010.)

Lakien ja asetusten lisäksi rakennus on voitu suojella mainitsemalla se museoviraston ylläpitämässä rakennusperintörekisterissä tai museoviraston inventoimassa luettelossa: valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt. Usein rakennuksen suojelu on kuitenkin määritetty asemakaavassa. Suojelupäätöksessä määritellään suojelun kohdistuminen. Rakennuksesta voidaan suojella vain julkisivut tai kiinteä sisustus tai koko rakennus voidaan suojella ympäristöineen. Suojeltu rakennus on säilytettävä suojelun edellyttämässä kunnossa, lisäksi korjaus- ja muutostyöt eivät saa vaarantaa rakennuksen kulttuurihistoriallista arvoa. Muutosten yhteydessä tulee yleensä pyytää lausunto joko maakuntamuseolta tai Museovirastolta. (Museovirasto 2015.)

### **2.3.2 Muut vaatimukset ja rajoitukset**

Rappauskorjauksiin vaikuttavat arkkitehtuuriset vaatimukset, sillä yleensä rapatuille rakennuksille on asetettu korkeat ulkonäkövaatimukset. Rakennus pyritään sovittamaan ympäröivään rakennuskantaan ja rakennuksen olemuksella pyritään ilmentää rakennuksen tehtävää tai tiettyä vaikutelmaa. Lisäksi yleensä rappauksen tavoitteena on aikaansaada pitkäikäinen, kauniisti vanheneva ja helposti korjattava julkisivu. Julkisivun arkkitehtuuriin vaatimuksiin voivat vaikuttaa myös muotivirtaukset sekä mahdolliset uudet rappausmenetelmät.

Julkisivun ulkonäkö tavoitteiden saavuttamiseksi tulee määritellä rakenteiden esteettisyyteen, kestävyys ja toimivuuteen vaikuttavat asiat. Tällaisia asioita ovat työmenetelmät; laastityypit ja tuoteratkaisut; pinnan karheus, käsittely ja mahdollinen muotoilu sekä väri. Lisäksi vaikuttavat liittymät ja pellitykset sekä muut yksityiskohdat. Rappauksen laadun tarkkailussa kiinnitetään huomiota asetettuihin suoritusvaatimuksiin ja sallittuihin rappausolosuhteisiin.

Julkisivujen esteettisyyteen vaikuttavat arkkitehtuuristen vaatimuksien lisäksi tekniset ratkaisut, kuten sadeveden hallittu johtaminen, mikä ulkonäön lisäksi vaikuttaa rappauksen kestävyys. Ulkonäkövaatimuksien tuleekin sopia yhteen teknisten ominaisuuksien kanssa, jotta saavutetaan hyvä ja toimiva lopputulos. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 10-11.)

Korjausrappauksessa käytettävän laastin valintaan vaikuttavat historialliset seikat, kuten restauroitavan rakennuksen ikä ja historiallinen arvo. Lisäksi esteettiset seikat, kuten värisävy, pinnan karheus ja runkoaineen väri sekä rappauksen työmenetelmä vaikuttavat laastin valintaan. (Von Konow 2006, s. 76.)

## **2.4 Rappauksen kunnon tutkiminen**

### **2.4.1 Kuntotutkimukset**

Kuntotutkimuksen tavoitteena on saada lisätietoja ja saavuttaa selvää hyötyä rapatun julkisivun korjauskustannuksista tai korjausten kestävyyskannalta. Kuntotutkimuksen avulla saadaan kuva julkisivujen kunnosta, jolloin voidaan määrittää korjaustapa ilman epätietoisuutta työtavoista ja määristä. Lisäksi kuntotutkimuksen tavoitteissa tulee huomioida syyt kuntotutkimuksen suorittamiselle, onko kyseessä korjaustarpeen määrittely, korjaustavan valinta korjaussuunnittelua varten vai kenties turvallisuus tai esteettiset syyt. Kun tavoitteet kuntotutkimukselle on määritetty, voidaan kuntotutkimus aloittaa.

Kuntotutkimuksen alkuvaiheessa selvitetään rakennuksen ominaisuudet, kuten rakennuksen ikä, rakennustyyppi, rakenneratkaisut ja käytetyt materiaalit sekä tehdyt korjaukset. Apuna ominaisuuksien selvittämisessä käytetään vanhoja saatavilla olevia suunnitelmia. Suunnitelmista pyritään lisäksi selvittämään julkisivurakenteisiin kohdistuvat rasitukset: kosteus, pakkasrasitus, lämpö ja liikkeet. Suunnitelmatarkastelussa tulee huomioida, että toteutus voi poiketa suunnitelmista tai rakenteille on mahdollisesti voitu tehdä suunnitelmissa näkymättömiä muutoksia.

Kuntotutkimukseen kuuluvia tehtäviä ovat julkisivumateriaalien määrittäminen, kuten maalien, laastien, alustan, koristeiden ja pellityksien sekä varusteiden tyypit ja käytetyt materiaalit. Lisäksi selvitetään julkisivujen vaurioiden tyypit ja laajuus silmämääräisesti sekä kopo-varalla ja tarvittaessa rakenneavauksilla. Julkisivuista otetaan näytteitä, joille tehdään tarvittavat testit ja laboratoriotutkimukset. Mahdollisia testejä ja laboratoriotutkimuksia on avattu tarkemmin kappaleessa (2.4.2 Testejä vanhan rappauksen testaukseen) Tutkimustulosten avulla määritetään eri korjausvaihtoehtoja ja niiden käyttöikätaivoitteita sekä taloudellista kannattavuutta. (Suomen Betoniyhdistys 1998, s. 41-54.)

Rapatun julkisivun kuntotutkimuksessa rappauksen tutkittaessa tulee huomioida, että nykyinen rappaus on usein eri asia kuin alkuperäinen rappaus. Ikääntyminen aiheuttaa muutoksia rappauksessa ja lisäksi korjausrappauksia on mahdollisesti tehty eri laastilla, jolloin rappauksen eri kerrokset ovat eri ominaisuuksien lisäksi eri-ikäisiä. Rappauksen kunnon ja eri kerroksien tutkimuksessa hyödynnetään usein ohuthieanalyysiä.

Kuntotutkimuksessa tulee kiinnittää huomiota pellityksien ja muiden seinäpinnasta erottuvien rakenteiden ja epäjatkuvuuskohtien vaikutuksia rappauksen toimintaan ja rappaukseen kohdistuviin rasituksiin. Esimerkiksi usein muuten vaurioitumattomassa seinäpinnassa on pellityksien yläpuolisilla alueilla havaittu vaurioita pellityksestä roiskuvan veden aiheuttaman ylimääräisen kosteusrasituksen johdosta.

### **2.4.2 Testejä vanhan rappauksen testaukseen**

Julkisivun rappauksen, alustan ja pinnoitetta pystytään tutkimaan sekä kenttätutkimusten yhteydessä että laboratoriossa kenttätutkimusten yhteydessä otetuista näytteistä. Tarvittavat näytteet voidaan irrottaa timanttiteräisen lieriöporan avulla tai piikkaamalla. Timanttiterän avulla saadaan yleensä piikkausta helpommin irrotettua suurempia näytepalloja, jolloin esimerkiksi rappauksen eri kerroksien määrittäminen on vaivattomampaa. Näytepaikat merkitään julkisivupiirustuksiin ja näytteille annetaan yksilölliset tunnuksot. Näytteet pakataan yksittäin suljettaviin muovipusseihin.

Kenttätutkimusten yhteydessä mahdollisia kokeita ovat muun muassa rappauksen tai alustan veto- ja tartuntavetokokeet sekä vedenimuneuden mittaaminen. Lisäksi pinnoitteen tartuntaa alustaansa voidaan määrittää hilaristikkokokeella. Yleisimmät laboratoriotutkimukset rappausnäytteille ovat ohuthieanalyysi, veto- ja tartuntavetokokeet sekä pinnoitteen tyyppin ja asbestipitoisuuden määrittäminen.

Ohuthieanalyysissä rappauksesta otetusta näytteestä valmistetaan 25-30µm paksuinen preparaatti, jota tarkastellaan mikroskoopin avulla. Ohuthieanalyysissä rappausnäytteestä voidaan selvittää:

- rappauskerrosten ja pinnoitteen paksuudet
- rappauslaastien sideaineet, sideainesuhteet ja sideaineen seosaineet
- rappauslaastin sideaine-runkoainesuhde ja runkoaineen laatu
- laastikerrosten tiiviys ja huokoisuus
- rappauskerrosten vauriot.

Lisäksi laboratoriossa voidaan tutkia rappauksen puristuslujuutta, vedenimuominaisuuksia ja suolojen esiintymistä sekä näytekappaleiden yleisiä ominaisuuksia, kuten kuivapainoa, tiheyttä ja vesipitoisuutta.

## **3 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät**

### **3.1 Ongelman kuvaus ja tutkimuksen tavoite**

Kirjallisuudesta saadaan tietoa rappauksen teknisestä toiminnasta sekä rappauksen onnistumiseen ja vaurioitumiseen vaikuttavista asioista. Kirjallisuus ei kuitenkaan tarjoa tietoa, mitä käytännön ongelmia korjausrappausprojekteissa esiintyy ja miten käytäntö eroaa teoriasta ja miten rappauskorjauksia oikeasti tehdään. Kirjallisuudesta ei ilmene miten eri osapuolet toimivat yhteistyössä rappauskorjauksissa. Yhteistyössä on varmasti eroa myös eri toimijoiden ja projektien välillä. Kirjallisuus antaa tiedot, mitä ja miten vanhaa rappautta voidaan tutkia ja testata. Mitä näistä käytännössä hyödynnetään rappauskorjausten suunnittelussa, ei kirjallisuudesta selviä.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää rappauskorjausprojektien eri osapuolien roolit ja yhteistyö sekä tähän liittyviä ongelmakohtia. Lisäksi tavoitteena on selvittää, miten rappauskorjauskohteissa on selvitetty vanhan rappauksen kuntoa, miten uusi rappauslaasti on valittu sekä mitä laadunvarmistuksellisia asioita on huomioitu uudessa rappauksessa. Saatujen tulosten pohjalta kuvataan rappauskorjausprojektin ideaalitilanne ja ohje miten yhteistyöllä edesautetaan projektin onnistumista.

### **3.2 Tutkimusmenetelmä**

Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimusmenetelmänä käytettiin alan asiantuntijoiden haastatteluja. Haastattelujen avulla pystyttiin saamaan käytännön tietoa ja kokemuksia rappauskorjausprojektien eri osapuolilta.

Hirsjärvi ja Hurme (2006) kuvaa haastatteluiden tavoitteeksi välittää haastateltavien ajatuksia, käsityksiä, kokemuksia ja tunteita. Samat tavoitteet soveltuvat myös näiden asiantuntijahaastatteluiden tavoitteiksi.

Haastattelutyypinä käytettiin strukturoidun ja puolistrukturoidun yhdistelmää. Puolistrukturoidun haastattelun piirteenä oli alustavasti kaikille haastateltaville esitettävät samat kysymykset mutta vastaukset olivat suurelta osin avoimia, osassa haastattelukysymyksiä käytettiin lisäksi erillisiä vastausvaihtoehtoja, mikä osaltaan loi haastatteluun strukturoituja piirteitä. Lisäksi yksi haastattelu tehtiin haastattelukysymyksiä mukaillen teemahaastatteluna.

Kaikkia haastatteluvastauksia käsiteltiin työssä anonymisti niin, että haastateltavien henkilöiden yksittäisiä vastauksia tai haastattelussa käsiteltäviä korjausrappauskohteita ei voida valmiista työstä selvittää. Tähän päädyttiin, jotta haastateltavat voisivat kertoa asioista avoimemmin eikä kirjallisten vastausten sanamuotoja tarvitse harkita niin tarkkaan.

#### **3.2.1 Haastateltavat henkilöt**

Työssä haastateltiin henkilöitä, jotka ovat olleet mukana korjausrappausprojekteissa sekä henkilöitä, joilla on asiantuntemusta korjausrappauksista. Haastateltavat henkilöt edustavat rappauskorjausprojektien eri osapuolia: tilaajia, suunnittelijoita, materiaalitoimittajia, urakoitsijoita sekä ohjeiden ja säännösten antajina museovirastoa ja Helsingin kaupunginmuseota. Haastateltavilta henkilöiltä vaadittiin laajaa omakohtaista kokemusta rappauskorjausprojekteista tai muuta kattavaa asiantuntijuutta rappauskorjauksista. Kaikkia eri osapuolia edusti useampi haastateltava, jotta kokemuksia saatiin laajemmalta kannalta.



Haastateltavien henkilöiden kerääminen aloitettiin tämän diplomityön ohjausryhmän suosituksilla. Lisäksi haastateltavia henkilöitä haettiin internetistä. Kiinnostavan organisaation löydyttyä, organisaatiosta tiedusteltiin, ketä kyseisestä organisaatiosta kannattaisi haastatella. Haastatteluprosessin aikana kaikilta haastateltavilta henkilöiltä tiedusteltiin mahdollisia suosituksia muista varteenotettavista lisähaastateltavista. Muita asiantuntijoita, joilla ei välttämättä ole kokemusta itse projekteista, oli tarkoitus saada yliopistoista ja teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:stä.

Lista haastatelluista henkilöistä, heidän roolinsa projekteissa sekä heidän edustamansa organisaatio on esitetty liitteissä (Liite 1).

### 3.2.2 Haastattelun toteuttaminen

Ensin haastattelut oli tarkoitus tehdä sähköpostilla, jonka liitteenä lähetettäisiin haastattelukysymykset tekstitiedostona. Tämän diplomityön ohjausryhmän kanssa käydyssä palaverissa päädyttiin siihen, että suunniteltu haastattelumuoto ja haastattelukysymysten suuri määrä on haastateltaville liian haastava sekä aikaa vievä, mikä voisi aiheuttaa hyvin pienen vastausmäärän.

Ohjausryhmältä saadun palautteen pohjalta haastattelukysymyksiä vähennettiin ja osaa kysymyksistä yhdisteltiin. Lisäksi haastattelumuoto muutettiin sähköiseen haastattelulomakkeeseen, johon haastateltaville lähetettiin henkilökohtainen linkki sähköpostitse. Muutosten johdosta haastattelu oli haastateltaville vaivattomampi ja selkeämpi.

Haastattelukysymykset oli jaoteltu eri osa-alueisiin seuraavasti:

- A. Yleistä
- B. Käsiteltävien kohteiden tiedot
- C. Korjausrappausprojektin vaiheet
  - Esiselvitykset kohteesta ennen korjausta
  - Laastinvalinta
  - Projektin osapuolet ja tiedonkulku
  - Laadunvarmistus
  - Arvosanat

Yleistä osiossa pyydettiin haastateltavia esittämään yleisiä ajatuksia rappauskorjausprojekteista sekä laastinvalinnasta ja informaationkulusta rappauskorjausprojekteissa perustuen kokemukseen kaikista projekteista, joissa he ovat olleet osallisina.

Käsiteltävien kohteiden tiedot -osiossa pyydettiin haastateltavia kuvamaan sekä parhaiten että heikoiten onnistuneen kohteen tietoja, missä he ovat olleet osallisena. Haastateltavia pyydettiin vastaamaan korjausrappausprojektin vaiheet -kohdan kysymyksiin näiden kahden ennalta esitetyn kohteen osalta. Tämän avulla oli tarkoituksena saada tietoa projektien onnistumisesta sekä ongelmakohdista. Lisäksi osa kysymyksistä oli yleisiä, eivätkä ne liittyneet mihinkään tiettyyn projektiin. Yleisesti kokemuksia pyydettiin viimeaikaisista eli lähinnä vuoden 2000 jälkeisistä projekteista. Lopussa haastateltavilta kysyttiin arvosanat (1-5) projektien eri osapuolien toiminnasta heidän kuvaamissaan kahdessa projektissa. Tarkat haastattelukysymykset sähköistä lomaketta vastaavassa muodossa on esitetty liitteissä (Liite 2).

### 3.2.3 Haastatteluprosessin käytännön kulku

Haastatteluprosessi suunniteltiin tehtäväksi seuraavasti:

1. Ensikontakti sähköpostitse
2. Soitto haastateltavalle
3. Linkin lähettäminen sähköiseen haastattelulomakkeeseen sähköpostitse

Aluksi kaikille haastateltaviksi suunnitelluille henkilöille lähetettiin sähköposti, jossa kerrottiin tutkimuksesta, sen aiheesta, tekijästä ja tarkoituksesta sekä aikataulusta. Selvennettiin syy yhteydenottoon ja kerrottiin, että tutkimuksen tekijä on yhteydessä puhelimitse aiheeseen liittyen. Lisäksi pyydettiin kertomaan, jos henkilöillä oli mielessä muita soveltuvia henkilöitä haastattelua varten.

Ensimmäisen sähköpostin jälkeen haastateltaviksi suunnitelluille henkilöille soitettiin ja tarkennettiin tutkimuksen sisältöä sekä haastateltavilta odotettua sisältöä tutkimusta varten. Haastateltaville kerrottiin, että kaikille haastateltaville esitetään samat kysymykset ja tästä johtuen kaikki kysymykset eivät koske samalla tavalla kaikkia vastaajia ja että haastattelussa on mahdollisuus jättää kysymyksiä väliin. Lisäksi painotettiin, että kaikkia vastauksia käsitellään työssä anonymisti. Puhelun lopussa henkilöiltä tiedusteltiin halukkuutta osallistua tutkimukseen ja pyydettiin lupaa lähettää linkki sähköiseen haastattelulomakkeeseen sähköpostilla.

Haastatteluun suostuville henkilöille lähetettiin linkki sähköiseen haastattelulomakkeeseen sähköpostilla. Kysymykset on listattu liitteissä (Liite 2). Kysymysten lisäksi sähköpostissa oli saatteena tarkempi kuvaus tutkimuksen aiheesta ja tavoitteesta sekä ohjeet vastaamiseen.

### 3.2.4 Haastatteluprosessin toteutunut kulku

Haastatteluprosessi toteutui eri henkilöiden kanssa hieman eri tavoin. Osa henkilöistä vastasi ensimmäiseen sähköpostiin ja joko kertoi haastattelun käyvän tai kertoi haastatteluun paremmin soveltuvasta henkilöstä, johon kannattaa olla yhteydessä. Jos suositeltiin uutta henkilöä, niin kiitettiin vastauksesta ja lähetettiin uudelle henkilölle sama ensimmäinen sähköposti, jossa lisäksi viitattiin keskusteluun suositelijan kanssa.

Yleisesti henkilöt eivät vastanneet ensimmäiseen sähköpostiin, mitä ei toisaalta odotettuakaan. Tällöin henkilöille soitettiin yleisesti yhdestä kolmeen päivän kuluttua. Yleisesti henkilöt eivät vastanneet ensimmäisellä yrityksellä, jolloin soitettiin uudelleen saman päivän aikana korkeintaan kolme kertaa. Osaa henkilöistä ei tavoitettu parissa päivässä lukuisista yrityksistä huolimatta ja heille lähetettiin uusi sähköposti, jolloin yleensä saatiin jokin vastaus. Lähes kaikkien haastateltavien kanssa käytiin puhelinkeskustelu, vain muutamissa tapauksissa käytiin vain sähköpostikeskusteluja.

Puhelinkeskusteluissa kävi ilmi, että lähes poikkeuksetta kaikki henkilöt olivat lukeneet sähköpostin ja tiesivät hieman, mistä on kysymys. Osa henkilöistä kertoi vielä tässä vaiheessa paremmin soveltuvasta henkilöstä, johon kannattaa olla yhteydessä. Kaikki paitsi yksi tavoiteltu henkilö oli suostuvainen haastatteluun ainakin osittain tai vaihtoehtoisesti ohjasi uudelle henkilölle. Moni henkilö oli lisäksi mielissään siitä, että joku viitsii tehdä tutkimusta rappauksiin liittyen. Yleisesti asiaan suhtauduttiin positiivisesti ja joissakin tapauksissa keskusteltiin myös tutkimusta laajemmin rappauksiin liittyen.

Kun haastattelulle oli saatu suostumus joko puhelimitse tai sähköpostitse, lähetettiin henkilölle sähköpostitse henkilökohtainen linkki sähköiseen haastattelulomakkeeseen. Haastattelulomakkeessa oli ohjeet vastaamiseen sekä toivottu aikataulu vastaamiselle. Yhtä henkilöä haastateltiin muista poiketen kasvotusten ja haastattelukysymyksiä mukaillen.

Niille, jotka eivät olleet vastanneet kun toivottuun aikatauluun oli muutamia päiviä, lähetettiin ensimmäinen muistutusviesti. Muistutusviestin jälkeen saatiin muutamia uusia vastauksia. Toinen muistutusviesti lähetettiin kun toivottu aikataulu oli jo umpeutunut. Näin saatiin taas muutamia vastauksia lisää. Aikataulusyistä jätettiin muistuttaminen tähän ja käytettiin niitä vastauksia, mitä oli saatu.

## 4 Tutkimustulokset

Suostumus haastatteluun saatiin ja haastattelukysymykset lähetettiin 59 henkilölle. Vastauksia saatiin lopulta yhteensä 30 henkilöltä. Lähetys- ja vastausmäärät osapuolittain jaoteltuna on listattu alla:

- Tilaajat: 6
- Suunnittelijat: 7
- Urakoitsijat: 2
- Materiaalitoimittajat: 6
- Valvojat: 3
- Viranomaiset: 3
- Muut asiantuntijat: 3.

Kaikki haastateltavat eivät vastanneet kaikkiin kysymyksiin, aivan niin kuin oli odotettua. Saadut vastaukset esitetään haastattelulomakkeen osa-alueiden ja haastattelukysymysten mukaisesti samassa järjestyksessä kuin haastattelussakin.

### 4.1 A. Yleistä

#### 4.1.1 Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojekteista?

Yleisesti vastauksissa kävi ilmi, että rappauskorjausprojektit koetaan hyvin yksilöllisiksi ja eri tavoin haastaviksi. Lisäksi mainittiin, että vaikeusasteeseen vaikuttavat rakenteen ikä ja käyttöhistoria. Rappauskorjaukset koetaan vaativiksi ja koetaan, että on tärkeää käyttää alan asiantuntijoiden osaamista. Asiantuntemus on tärkeää rappauskorjausten moninaisuuden johdosta; tulee ymmärtää rakenteen vauriotilaa ja alustan toimintaa, mahdollisia korjaustapoja, laatuvaatimuksia ja pitkäaikaiskestävyyttä. Lisäksi vastauksista kävi ilmi rappauksen yksityiskohtien sekä rappauksen ja muiden rakenteiden liittymäkohtien tärkeys.

Useasta vastauksesta kävi lisäksi ilmi korjausta edeltävän kuntotutkimuksen tärkeys ja se, että usein kuntotutkimukset ovat tiedoiltaan hyvin vajanaisia. Useassa vastauksessa oli maininta, että usein korjataan liikaa ja pudotetaan koko rappaus eikä tehdä paikkakorjauksia. Syinä paikkakorjausten vähyyteen mainittiin ymmärtämättömyys vaurioiden laadusta ja epäselvä rajanveto paikkarappauksille ja kokonaan uusimiselle. Lisäksi tuotiin esiin, että suunnittelijat turvaavat selustansa uusimalla kaiken uusilla, heidän tuntemillaan materiaaleilla. Toisaalta yhden vastaajan mielestä korjauksiin ryhdytään vasta sitten kun vain kokonaan korjaaminen on järkevä vaihtoehto. Lisäksi yhdessä vastauksessa tuli ilmi, että rappauksia pudotettaessa piikkaamalla, vaurioitetaan myös rappausalustaa ja aukkojen pieliä.

Yksittäisessä vastauksessa esitettiin, että rappauskorjauksessa eri osapuolien tulee ymmärtää tilanne ja yksikin ontuva osa heikentää lopputulosta. Lisäksi toisessa vastauksessa kävi ilmi, että usein yhteinen näkemys on jäänyt muotoilematta, mikä johtaa riitaan. Kolmannessa vastauksessa edellytettiin työmallien käyttöä suunnittelun ja työn ohjauksessa.

Yksittäisessä vastauksessa mainittiin, että rappauskorjausten vaikeusaste vaihtelee laajasti. Rakennuksen ikä ja käyttöhistoria vaikuttavat julkisivujen detaljien määrään. Lisäksi toisessa vastauksessa pienet korjaukset koettiin haastaviksi, koska ne saatetaan tehdä ilman suunnittelua tai ammattitaitoista työvoimaa.

Kahdessa vastauksessa mainittiin, että rappauskorjauksen onnistumiseen vaikuttavat niin monet asiat, että harvoin päästään joka suhteessa onnistuneeseen lopputulokseen tai onnistumisen takaaminen tuntuu mahdottomalta hallita.

#### **4.1.2 Mitä yleisiä ajatuksia teillä on laastinvalinnasta korjausrappauskohteissa?**

Yleisesti vastauksista kävi ilmi, että laastin valintaan vaikuttavat niin rakennuksen suojele, kuin rakenteen ominaisuudetkin sekä korjauksen laajuus. Useissa vastauksissa uudeksi laastiksi pyrittiin valitsemaan vanhan laastin ominaisuuksia vastaava laasti. Kuitenkin monissa vastauksissa peräänkuulutettiin säärasituksien vaikutusta ja korjauksen kokonaistaloudellista kannattavuutta, mitkä tulisi huomioida laastin valinnassa.

Useassa vastauksessa kävi ilmi, että on koulukuntia, jotka suosivat kalkki- tai sementtipitoisempia laasteja ja toisaalta märkä- tai kuivalaasteja sen mukaan mitä ovat tottuneet käyttämään tai suunnittelemaan. Näissä tapauksissa ei välttämättä niin tutkita tai suunnitella laastia tapauskohtaisesti. Yksittäisissä vastauksissa tuli ilmi, että ei tiedetä, mitä laastit pitävät sisällään; toisaalta mainitaan käytettävän liikaa valmiita ratkaisuja eikä räätälöidä laasteja. Myös perinteisten laastien saatavuudessa mainittiin olevan puutteita.

Lisäksi mainittiin, että työvirheet ovat huomattavasti suurempi uhka lopputuloksen suhteen kuin käytetty laastityyppi. Toisaalta mainittiin, että laastinvalinta vaikuttaa rappauksen ajankohtaan ja sääsuojuukseen. Lisäksi tuli ilmi, että laasteja valitaan myös hinnan ja saatavuuden perusteella.

#### **4.1.3 Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojektien tiedonkulusta?**

Samalla tavalla kuin aiemmissa kysymyksissä kävi ilmi, rappauskorjausprojektit ovat hyvin yksilöllisiä ja erilaisia. Myös vastaukset tiedonkulusta antoivat projekteista hyvin vaihtelevan kuvan. Muutamassa vastauksessa kerrottiin tiedonkulun olevan usein hyvää tai riittävää, toisaalta monessa vastauksessa kävi ilmi, että tiedonkulku vaihtelee suuresti. Lisäksi puolesta vastauksista oli mainittu, että tiedonkulku on huonoa tai oli mainittu miten tiedonkulku voisi olla parempi.

Tiedonkulun ongelmakohtina oli mainittu yhteisen kielen puute, niin ammatillisesti kuin konkreettisestikin, liian vähäinen tietomäärä suunnitteluvaiheessa sekä uuden tiedon dokumentoinnin puutteet. Mainittiin myös, että tiedonkulku riippuu projektin koosta. Jos kohteessa tehdään vain rappauskorjaus, on tiedonkulku parempaa kuin suuremman peruskorjauksen yhteydessä tehtävissä rappauskorjauksissa. Mainittuja heikon tiedonkulun seurauksia olivat, että puhutaan paljon ja ymmärretään vähän sekä, että riidat ovat yleisiä. Yksittäisissä vastauksissa mainittiin suositus riippumattomasta ulkopuolisesta asiantuntijasta, tarve enemmän pohdinnalle ja, että tiedonkulkua tulisi saada avoimemmaksi ja systemaattisemmaksi. Yksi vastaus kiteytti, että tiedonkulun eri osapuolien välillä pitäisi toimia niin, että kaikki keskustelevat samoilla tiedoilla.

## **4.2 B. Käsiteltävien kohteiden tiedot**

Parhaiten onnistuneita kohteita esiteltiin yhteensä 25 kappaletta. Tietojen tarkkuus vaihtelee runsaasti vastauksittain mutta 18 kohteessa oli alustamateriaalina ollut tiili ja yleisesti mainitaan laastina kalkki- ja kalkkisementtilaastit.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin 15 vastausta. Vastauksia oli reilusti vähemmän kuin onnistuneista. Kahdessa vastauksessa mainittiin, että ei ole heikosti onnistuneita kohteita tai niitä ei muista. Kuudessa kohteessa oli mainittu alustan olleen tiiltä.

Yhdessä heikoiten onnistuneen kohteen vastauksessa kävi ilmi, että rappauskorjaus oli tehty ohutlämpörappauksena, mikä ei kuulunut tämän diplomityön sisältöön. Tästä johtuen kyseisen kohteen vastauksia ei analysoitu teknisestä näkökulmasta. Tiedonkulkuun liittyvissä kysymyksissä tämäkin vastaus huomioitiin. Muita vastaavia huomioita ei tehty.

## **4.3 C. Korjausrappausprojektin vaiheet**

### **4.3.1 Esiselvitykset kohteesta ennen korjausta**

#### **4.3.1.1 Mitkä syyt johtivat korjauksiin ja miten korjauksien laajuudet päätettiin?**

Parhaiten onnistuneen kohteen osalta saatiin 23 vastausta. Lähes kaikissa vastauksissa korjausten syyksi mainittiin jonkin asteiset vauriot rappauksessa. 11 vastauksessa mainittiin silmämääräinen tai perusteellinen kuntotutkimus korjauksien laajuuden määrittämisessä. Lisäksi kolmessa vastauksessa oli mainintoja suunnitelmista, mitkä saattavat myös tarkoittaa jonkin asteen kuntotutkimuksen suorittamista. Kahdeksassa vastauksessa rappaus uusittiin kokonaan vähintään kolmelta julkisivulta, lisäksi kahdessa kohteessa rappaus myös muutettiin alkuperäiseksi. Kuudessa vastauksessa mainittiin kappaleiden pudonneen tai muuten korjauksen syynä olleen turvallisuusriskit.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 12 vastausta. Kolmessa vastauksessa oli kuntotutkimukset suoritettu. Neljässä vastauksessa, kaikki suunnittelijoiden edustajia, oli ollut joko puutteelliset ennakkotutkimukset, tutkimuksia ei ollut tehty lainkaan tai vauriot karotettiin työn aikana. Kahdessa vastauksessa oli maininta pudonneista rappauksissa.

Vastausmäärä heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta oli huomattavasti pienempi mutta selkeästi vähemmän oli mainintoja kuntotutkimuksen suorittamisesta kuin onnistuneissa kohteissa. Onnistuneissa kohteissa ei ollut mainintoja kuntotutkimuksien tai suunnitelmien puutteellisuudesta. Kuntotutkimuksien ja suunnitelmien sisällöt voivat kuitenkin poiketa toisistaan huomattavasti, minkä takia huomioista ei voitu tehdä selkeitä johtopäätöksiä. Lisäksi vastauksista tuli huomioida osapuolten jakautuneisuus.

#### **4.3.1.2 Mitä tietoja vanhoista rappauksista on ollut saatavilla ja mistä tieto on tullut? / Miten vanhoja rappauksia on testattu ja tutkittu ennen korjauksia ja korjaustavan valintaa?**

Kaksi kysymystä yhdistettiin, koska vastaukset ovat niin päällekkäisiä.

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta vastauksia saatiin 25 kappaletta. 10 kohteessa oli ollut saatavilla vanhoja suunnitelmia, tietoja korjaushistoriasta tai kohteelle oli tehty rakennushistoriaselvitys. Kolmessa kohteessa vastaavat tiedot olivat puutteellisia ja kolmessa niitä ei ollut lainkaan. Kaikissa kohteissa oli tehty jonkin tasoinen kuntotutkimus, laboratoriotutkimus tai muita tutkimuksia yhtä lukuun ottamatta. Siinä mainittiin, että tarkempia tutkimuksia ei tarvittu, sillä kaikki rappaukset purettiin. Lisäksi yhdessä vastauksessa mainittiin vastaavien tutkimusten olleen puutteellisia. 19 kohteessa oli erikseen maininta laastitutkimuksesta tai analyysistä.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 11 kappaletta vastauksia. Neljässä kohteessa oli ollut saatavilla vanhoja suunnitelmia, tietoja korjaushistoriasta tai kohteelle oli tehty rakennushistoriaselvitys, joista kahdessa kohteessa vastaavat tiedot mainittiin puutteellisiksi. Kahdeksassa vastauksessa mainittiin jonkin tasoinen kuntotutkimus, laboratoriotutkimus tai muu tutkimus, joista neljässä tutkimukset olivat olleet puutteellisia. Kahdessa kohteessa ei tehty tutkimuksia lainkaan. Yhdessä kohteessa oli erikseen maininta laastitutkimuksesta ja toisessa puutteellisesta laastitutkimuksesta.

Heikoiten onnistuneista kohteista oli vähemmän vastauksia kuin onnistuneista, mutta erot tehtyjen tutkimuksien määrässä oli selkeä ja puutteita tutkimuksissa oli mainittu heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta useammin. Saatavilla olevilla vanhoilla suunnitelmilla, korjaushistoria tiedoilla tai kohteelle tehdyllä rakennushistoriaselvityksellä ei näyttänyt olevan suurta merkitystä kohteen onnistumisen kannalta.

### **4.3.2 Laastinvalinta**

#### **4.3.2.1 Mitkä asiat ovat vaikuttaneet laastien valintaan?**

Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 23 vastausta. Vastaukset olivat hyvin erityyppisiä, mutta useissa vastauksissa esiintyi suojelumääräykset, korjaushistorian tiedot sekä alkuperäinen laasti ja laastin kestävyys. Suojelumääräykset vaikuttivat laastin valintaan yhdeksässä vastauksessa; yhdessä vastauksessa mainittiin, että suojelu ei vaikuttanut laastin valintaan. 13 kohteessa pyrittiin alkuperäiseen laastiin tai työtapaan. Kahdessa vastauksessa mainittiin uuden tyyppisten laastien käyttö. Kuudessa vastauksessa laastin kestävyys oli erikseen mainittu valintakriteeriksi. Yksittäisessä vastauksessa sen sijaan tartunta oli määräävä valintakriteeri. Korjaushistorian tiedot, tehdyt mallit tai aiempien korjausten aiheuttamat syyt vaikuttivat laastin valintaan seitsemässä kohteessa. Lisäksi yksittäinen maininta oli, että vanha sementti ja kalkki ovat erilaisia kuin nykyään, jolloin pelkän kemiallisen laastianalyysin perusteella ei uutta laastia kannata valita. Laastin valintaan osallistuvista osapuolista oli kahdessa vastauksessa maininta monen eri osapuolen yhteistyöstä ja kahdessa vain yksi osapuoli oli vaikuttanut valittuun laastiin.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin 11 vastausta ja samat asiat esiintyivät myös näissä kohteissa. Kahdessa kohteessa oli maininta suojelumääräysten vaikutuksesta ja yhdessä suojelu ei vaikuttanut. Kahdessa kohteessa pyrittiin alkuperäiseen laastiin ja toisaalta yhdessä

alkuperäistä laastia ei tunnettu riittävästi. Lisäksi yksittäisinä mainintoina oli, että laastiksi valittiin halvinta tai laastin saatavuus ja helppokäyttöisyys oli tärkeä kriteeri. Toisaalta yksittäisiä mainintoja oli myös, että laastien eroja on vaikea osoittaa. Toisessa kohteessa virheet olivat suunnittelijan mukaan työtekniikassa, eivät materiaalissa. Yhdessä kohteessa oli valittu liian kova ja siten soveltumaton laasti. Merkittävää oli, että kolmessa kohteessa laastin oli valinnut vain yksi osapuoli, kahdessa urakoitsija ja yhdessä suunnittelija. Yhdessä kohteessa laastin valinnassa oli ollut mukana useampia osapuolia ja laastia oli muutettu työn aikana paremmin soveltuvaan.

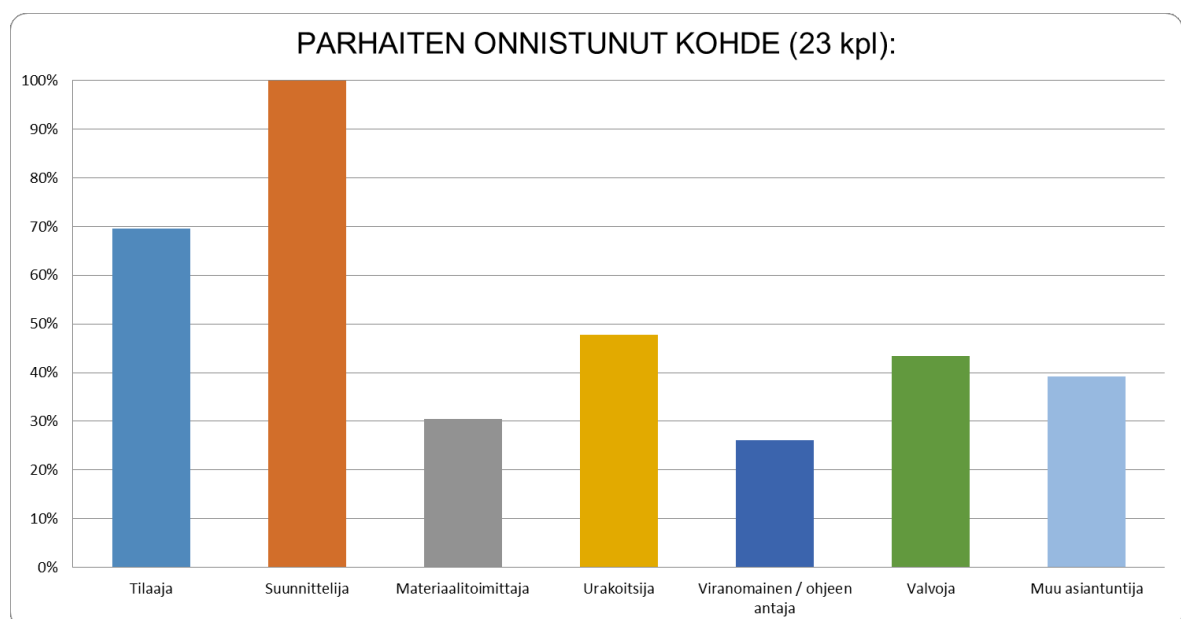
Vaikka heikoiten onnistuneita kohteita oli puolet vähemmän, oli laastin valintaan silti kolmessa kohteessa osallistunut vain yksi osapuoli kun onnistuneiden kohteiden osalta vastaava määrä oli kaksi kohdetta.

#### 4.3.2.2 Mitkä osapuolet ovat olleet mukana määrittelemässä rappauksen ja pinnoitteen sekä muiden korjauksien teknisiä ja esteettisiä vaatimuksia?

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta vastauksia oli 23 kappaletta ja heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta 10. Vastaukset on esitetty taulukossa 3 ja taulukossa 4. Vaikka vastauksia heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta olikin reilusti vähemmän kuin parhaiten onnistuneiden osalta, on kaavioissa selkeästi nähtävissä, että heikoiten onnistuneissa kohteissa urakoitsijaa lukuun ottamatta kaikki muut osapuolet olivat olleet harvemmin mukana määrittelemässä vaatimuksia. Lisäksi huomiota herättävää oli, että heikoiten onnistuneissa kohteissa suunnittelija ei ole ollut mukana viidenneksessä kohteista kun onnistuneissa kohteissa suunnittelija oli ollut mukana kaikissa kohteissa.

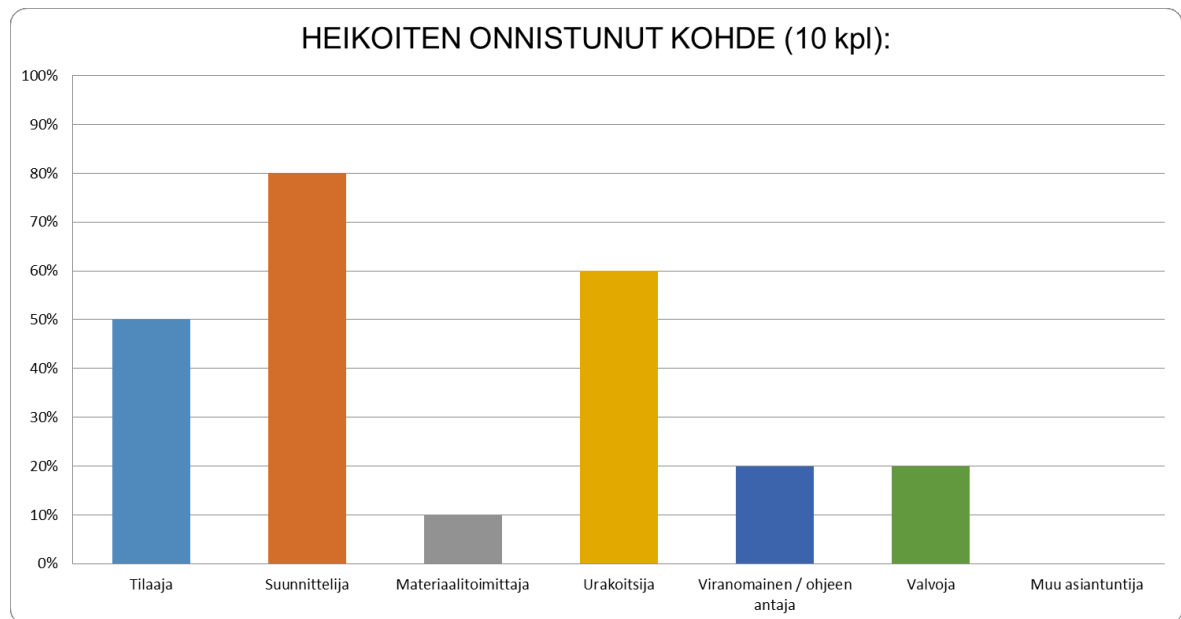
Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta keskiarvoinen määrä oli 3,6 osapuolta kun heikoiten onnistuneissa kohteissa vastaava luku oli 2,4.

*Taulukko 3 Osapuolet, jotka mukana määrittämässä teknisiä vaatimuksia / parhaiten onnistuneet kohteet.*





*Taulukko 4 Osapuolet, jotka mukana määrittämässä teknisiä vaatimuksia / heikoiten onnistuneet kohteet.*



#### 4.3.2.3 Eri osapuolien vaatimuksia

Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 21 vastausta. Kahdeksassa vastauksessa mainittiin, että ristiriitoja ei ollut, kun taas kolmessa vastauksessa mainittiin ristiriidat, joiden syyt olivat työstettävyyks ja liika veden käyttö sekä ristiriita perinteisen laastin käytössä.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin 11 vastausta. Kahdessa vastauksessa mainittiin, ettei ristiriitoja ollut ja kahdessa vastauksessa ristiriitoja oli ilmennyt laastinvalinnassa. Yhdessä vastauksessa laastinvalinta oli sujunut ilman ristiriitoja mutta työtavoissa oli ilmennyt ristiriitoja.

Vastauksista voitiin päätellä, että ristiriitoja voi esiintyä riippumatta projektin lopullisesta onnistumisesta.

#### 4.3.2.4 Millaisia laasteja kyseisissä kohteissa on käytetty?

Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 18 vastausta. Kuudessa kohteessa oli laastiin työmaalla lisätty joko sementtiä, kvartsihiekkää tai -filleriä. Kolmessa kohteessa mainittiin, että lisäyksiä ei tehty.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin yhdeksän vastausta, joista yhdessä oli lisätty kärkeä runkoainetta ja yhdessä sementtiä sekä yhdessä vastauksessa oli mainittu, että lisäyksiä ei tehty.

Vastaukset olivat hyvin eri tarkkuuksilla annettu sekä hyvin kohdekohtaisia, eikä niistä voinut tehdä selkeitä yhteenvetoja. Tästä voitiin päätellä, että kysymys oli ollut ehkä liian avoin, minkä vuoksi vastaukset olivat hyvin erilaisia.

#### 4.3.2.5 Tulisiko valittujen laastien teknistä soveltuvuutta kohteisiin testata etukäteen? Miksi? Miksi ei?



*Kuva 10 Tulisiko valittujen laastien teknistä soveltuvuutta kohteisiin testata etukäteen?*

Vastauksia ja perusteluja saatiin molempia 22 kappaletta. 73 prosenttia kyllä vastauksia (Kuva 10) oli selkeä tulos mutta perusteluissa vastauksia oli avattu tarkemmin. Monessa vastauksessa oli mainittu, että vain erikoistapauksissa tai paikka-rappauksissa on aihetta testaamiselle. Jos uusitaan koko rappaus alustaa myöten, ei testaamiselle ole tarvetta. Muutamissa vastauksissa lisäksi mainittiin, että testaamiselle ei ole tarvetta, jos laastien tekniset ominaisuudet ovat tiedossa tai käyttökokemuksia on muista kohteista. Lisäksi kolmessa vastauksessa oli mainittu, että aikataulu ja kustannukset harvoin mahdollistavat testaamista. Toisaalta yhdessä vastauksessa mainittiin, että virhetilanteessa aikataulu- ja kustannusvaihtokutukset ovat merkittäviä. Yksittäisessä vastauksessa oli tuotu esille, että mahdolliset vauriot voivat ilmetä vasta vuosien päästä, minkä takia testaaminen on käytännössä vaikeaa.

#### 4.3.2.6 Mitä laasteja itse suosittelet millekin alustalle ja kohteelle? Miksi?

Vastauksia saatiin 21 kappaletta. Vastaukset olivat hyvin vaihtelevia ja yleismuotoisia. Kysymyksen asettelu ei varmasti ollut onnistunut ja kysymys oli liian yleisluontoinen. Lähes kaikissa vastauksissa mainittiin, että laasti riippuu tapauksesta. Useita mainintoja oli, että paikka-rappauksessa tulisi valita vanhan laastin kaltainen, muuten laasti riippuu alustasta. Yksittäisessä vastauksessa oli mainittu vanhojen laastien käyttö kuitenkin niin, että säilyvyysominaisuuksia oli parannettu huokoistamisella. Alustan suhteen oli useita mainintoja, että heikoille alustoille heikommat laastit ja kovalle alustoille kovemmat laastit. Kahdessa vastauksessa oli mainittu, että kalkkisementtilaasti sopii melkein mille alustalle vain. Toisaalta myös kalkkilaasteja ja kalkkimaaleja suositettiin. Vastauksista ei kuitenkaan voinut niiden hajanaisuuden takia tehdä selkeitä yhteenvetoja.

#### 4.3.2.7 Suositko kuiva- vai märkäläästejä?



*Kuva 11 Suositko kuiva- vai märkäläästejä?*

Kysymykseen saatiin 20 vastausta, joista 10 suosi kuivalaasteja ja seitsemän suosi märkäläästejä (Kuva 11). Lisäksi kolmen vastaajan mukaan molemmat olivat soveltuvia, eivätkä he suosineet kumpaakaan. Perusteluissa kaikkien kuivalaasteja suosivien vastauksissa oli mainittu tuotteiden ja sideainesuhteutuksen tasalaatuisuus tai tehtaalla tapahtuva laadunvarmistus. Märkäläästejä suosivien vastauksissa oli taas enemmän vaihtelua ja perusteluina oli mainittu tuotteiden tunteminen, perinteisyys sekä suhteutuksen helppo säätäminen. Lisäksi oli mainittu parempi työstettävyys ja pienempi halkeiluriski. Yhdessä märkäläästia suosivassa vastauksessa oli tosin mainittu, että kummallakin tuotteella on omat hyvät puolensa, ja hänen mukaansa kuivalaastit sopivat paremmin paikkakorjauksiin ja märkäläästet uudistamiseen.

Vastauksien jakautumisessa oli huomioitava, että vastaajista kuusi oli materiaalitoimittajia, mikä voi vääristää tulosta heidän valmistamiensa tuotteiden mukaisesti. Kuitenkin kuivalaastien kohdalla perustelut olivat hyvin yhdenmukaiset, kun märkäläästien kohdalla perustelut olivat hyvin erilaisia.

#### 4.3.2.8 Minkälaisia uusia laasteja toivoisit markkinoille?

Kysymykseen vastattiin 13 kertaa. Neljän vastaajan mukaan nykyiset laastit olivat riittäviä. Neljässä vastauksessa kaivattiin hydraulisia kalkkilaasteja. Lisämainintoina olivat eri suhteutukset ja karkeudet, lisääineettomuus tai lisääineiden selkeä ilmoittaminen ja perinteinen suomalainen runkoaine. Lisäksi yksittäisissä vastauksissa toivottiin laastia, jolla voisi rapata pienellä pakkasella sekä kuituvahvistettua laastia, jolloin ei tarvittaisi rappausverkkoa.

Vaikkakin vastauksia oli vähän, niin hydraulisia kalkkilaasteja toivottiin selkeästi lisää markkinoille.

### **4.3.3 Projektin osapuolet ja tiedonkulku**

#### **4.3.3.1 Millä perusteilla eri osapuolet on valittu?**

Osa oli vastannut kaikkien osapuolien valinnasta yhteisesti ja osa eritellyt vastaukset eri osapuolien mukaan. Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 20 vastausta. Referenssit oli mainittu valintaperusteena 12 vastauksessa ja aiemmat kokemukset kyseisestä osapuolesta 12 vastauksessa. Kahdessa vastauksessa oli tarkennettu, että pyydettiin tarkkoja tai pinnallisia referenssitietoja. Kolmessa vastauksessa oli mainittu, että materiaalitoimittajalta oli saatu riittävät tiedot. Vastaavasti kolmessa vastauksessa riittäviä tietoja ei saatu ja näistä kahdessa oli materiaaleja testattu tai tutkittu.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin kahdeksan vastausta. Viidessä vastauksessa oli maininta referensseistä tai aiemmista kokemuksista. Kahdessa vastauksessa oli mainittu, että vastaavat tiedot puuttuivat. Yhdessä vastauksessa materiaalitoimittajalta ei saatu tarvittavia tietoja mutta laasteja oli tutkittu.

Huomioitavaa vastauksissa oli, että hinta oli mainittu vain kerran (heikoiten onnistunut kohde) ja aliurakointi sekä alikonsultointi oli mainittu vain kaksi kertaa, urakointi parhaiten ja konsultointi heikoiten onnistuneessa kohteessa. Toisaalta kysymyksessä ei ollut mainintaa ketjuttamisesta, joten kaikki vastaajat eivät välttämättä tätä huomioineet vastauksissaan.

#### **4.3.3.2 Miten tarkkoja ohjeita suunnittelija antoi laasteille ja rappaustöille? Sisältö?**

Kysymyksen asettelu oli hyvin avoin, mikä näkyy vastausten tarkkuustasossa. Vastaukset vastaavat hyvin kysymykseen, mutta osa oli avannut suunnitelmien sisältöä tarkemmin kuin muut vastaajat.

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 19 vastausta. Lähes kaikissa vastauksissa oli lueteltu suunnitelmien sisältöä mutta hyvin erilaisilla tarkkuuksilla. 14 vastauksessa oli erikseen mainittu, että suunnitelmat olivat tarkat tai yksityiskohtaiset ainakin jollakin osalla alueella. Yhdessä kohteessa ei ollut käytetty erillistä suunnittelijaa, vaan urakoitsija oli hoitanut myös suunnittelun. Lisäksi yhdessä muun kuin suunnittelijaosapuolen vastauksessa mainittiin, että suunnittelijan ohjeita on noudatettava sataprosenttisesti. Yhdessäkin vastauksessa ei ollut mitään mainintaa suunnitelmien puutteellisuudesta.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin yhdeksän vastausta. Seitsemässä vastauksessa oli mainittu suunnitelmien sisältöä, joista neljässä maininta tarkoista tai yksityiskohteisista tiedoista. Vain yhdessä vastauksessa oli mainintaa suunnitelmien puutteellisuudesta.

Suunnitelmat olivat vastausten perusteella olleet kelvollisia, sillä puutteita mainittiin vain yhdessä vastauksessa. Osassa vastauksista oli mainittu suunnitelmien sisältäneen tarkat tiedot laastista mutta ei mainintaa työtavoista. Tämä ei välttämättä tarkoita, että niitä ei mainittu, koska osa vastauksista oli niin suppeita. Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta on huomioitava, että yhdeksästä vastauksesta seitsemän oli suunnittelijoiden antamia.

#### **4.3.3.3 Mitä tietoja urakoitsijan työsuoritteista sai projektin kuluessa ja miten työmaiden työn etenemisestä, olosuhteita, häiriöitä yms. on dokumentoitu?**

Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 16 vastausta. Vastauksissa suorituksia oli hyvin eri tarkkuuksilla yksilöity. Kahdeksassa vastauksessa oli maininta työmaakokouksista tai katselmuksista, viidessä mallitöistä ja yhdeksässä työmaapäiväkirjasta. Työmaapäiväkirjan tarkkuudesta oli erilaisia mainintoja, osassa ei mainittu sisällöstä mitään kun osassa oli tarkempia mainintoja hyvinkin monipuolisesti, kuten työmaan olosuhteet sisältäen lämpötilan ja ilmankosteuden, sääolosuhteet ulkona, poikkeamat, tehdyt työmäärät, tuotemerkit, jälkihoidot sekä suoritettut laastien ilmamäärän mittaukset ja pakkasenkestävyys testausraportit. Vain yhdessä vastauksessa oli negatiivista mainintaa, siinä urakoitsijan puolelta oli tullut hyvin vähän mitään faktaa ja dokumentointi oli tilaajan vastuulla. Yhdessä vastauksessa mainittiin urakoitsijan havainnollinen loppuraportti, mistä ilmeni mitä oli tehty, millaisilla aineilla ja tekniikoilla missäkin sekä ohjeet seurantaan rakennuksen omistajalle.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin yhdeksän vastausta. Vain yhdessä vastauksessa oli maininta työmaakokouksista, yhdessä mallikatselmuksesta ja kahdessa työmaapäiväkirjasta. Kolmessa kohteessa ei saatu urakoitsijalta mitään tietoja ja yhdessäkin vain suullista palautetta. Yhdessä kohteessa virheet paljastuivat, kun telineet oli poistettu.

Vastauksissa huomioitavaa oli, että työmaapäiväkirjojen sisältö saattaa vaihdella suuresti ja sen takia pelkkä sen olemassa olo voi tarkoittaa hyvin erilaisia asioita. Lisäksi työmaakokoukset eivät välttämättä olleet urakoitsijan vastuulla järjestää, minkä takia tiedonsaanti niiden järjestämättä jättämisestä ei johtunut urakoitsijasta.

#### **4.3.3.4 Miten yhteistyö ja tiedonkulku eri osapuolien välillä on rappauskorjauksissa sujunut?**

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 20 vastausta. Yhdessäkään vastauksessa ei mainittu, että yhteistyössä tai tiedonkulussa olisi ollut ongelmia. Tietoa oli jaettu niin työmaakokouksissa kuin katselmuksissakin, joista laaditut dokumentit oli jaettu eri osapuolille.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 10 vastausta. Kahdessa kohteessa yhteistyössä tai tiedonkulussa ei ollut ongelmia. Kolmessa kohteessa oli muuten onnistuttu mutta oli joitakin puutteita. Lisäksi vastauksissa oli yksittäiset maininnat sekavuudesta vastuiden jaossa, yhteisen kielen puutteesta ja siitä, että tiedonkulku suunnittelijaan lakkasi suunnitelmien lähettämisen jälkeen. Yhteisen kielen puutteeseen oli kehitysideaksi mainittu työselityksen kääntäminen tarvittavalle kielelle.

Yllättävää oli, että parhaiten onnistuneista kohteista ei mainittu mitään ongelmia. Ero tästä johtuen heikoiten onnistuneisiin kohteisiin oli selkeä.

#### **4.3.3.5 Miten eri osapuolien asiantuntemusta on hyödynnetty projektin eri vaiheissa?**

Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin 15 vastausta. Kolmessa vastauksessa kaikki osapuolet olivat tuoneet oman osaamisensa projektiin. Kuudessa kohteessa oli urakoitsija ollut mukana tekemällä malleja, hienosäätämässä laastia tai muuten osallistunut laastin valintaan.

Kolmessa vastauksessa oli mainittu materiaalitoimittajaa hyödynnetyn ennen työn aloitusta tai työn aikana työmaalla. Yhdessäkin vastauksessa ei ollut mitään negatiivista mainintaa.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin viisi vastausta. Yksittäinen maininta oli, että eri osapuolien asiantuntemusta ei hyödynnetty mitenkään. Toisessa vastauksessa oli maininta, että aikataulusyistä ei ehditty tehdä riittävästi malleja tai testata laastia, eikä urakoitsija päässyt vaikuttamaan laastiin, mikä vaikutti työn onnistumiseen ja aikatauluun.

Vastausten vähyyden takia ei selkeitä johtopäätöksiä voinut tehdä, mutta heikoissa kohteissa oli vähemmän käytetty eri osapuolien asiantuntemusta.

#### **4.3.3.6 Miten eri osapuolien asiantuntemusta voisi hyödyntää paremmin projektien aikana?**

Kysymykseen saatiin 13 vastausta. Kaikki vastaukset olivat hyvin samansuuntaisia, eri osapuolien asiantuntemusta tulisi hyödyntää projektien eri vaiheissa. Viidessä vastauksessa oli mainittu muiden osapuolien osallistuminen jo suunnitteluvaiheessa. Kolmessa vastauksessa suositeltiin kaikkien osapuolien hyödyntämistä ja kolmessa mainittiin urakoitsijan hyödyntämisestä enemmän tai aikaisemmassa vaiheessa. Lisäksi materiaalitoimittajan asiantuntemuksen hyödyntäminen mainittiin kahdessa vastauksessa. Lisäksi yhdessä vastauksessa mainittiin workshoppien käyttäminen.

Aiemmassa kysymyksessä ei yhteistyössä tai tiedonkulussa ollut juuri ongelmia, mikä saattoi vaikuttaa myös tähän kysymykseen. Selkeä yhteinen suunta oli, että tulisi hyödyntää enemmän osapuolia ja aikaisemmassa vaiheessa.

#### **4.3.3.7 Mitä tietoja eri osapuolien olisi tärkeintä jakaa muille projektin osapuolille?**

Kysymykseen saatiin kahdeksan vastausta. Vastauksissa mainittiin tilanne, jossa jokin kohta on vaikea toteuttaa, niin se tulisi tuoda mahdollisimman nopeasti muiden tietoon, jolloin sitä voidaan vielä muokata. Lisäksi mainittiin kehitystarpeiden ilmaiseminen, jotta samat ongelmat eivät toistuisi seuraavassa hankkeessa. Kahdessa vastauksessa mainittiin aikataulutiedon jakaminen ja siitä kiinni pitäminen. Lisäksi kolmessa vastauksessa mainittiin korjausten tavoitteiden tuominen ilmi. Yhdessä vastauksessa mainittiin, että pelkät referenssitiedot eivät riitä, vaan pitäisi varmistaa, että toteutus on sujunut myös tilaajankin mukaan hyvin.

### **4.3.4 Laadunvarmistus**

#### **4.3.4.1 Miten tehtyjen korjauksien toimivuutta on seurattu?**

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 19 vastausta. Vastaukset vaihtelevat suuresti. Erinäisiä tarkastuksia oli tehty lähinnä takuuajana ja joissakin myös muulloin. Tarkastusten laajuus vaihteli runsaasti, kuudessa vastauksessa oli maininta silmämääräisestä tarkastuksesta ja osassa oli tehty kopo- tai vetokokeita. Lisäksi oli usein mainittu työnaikaisia laadunvarmistustoimenpiteitä, kuten laastin ilmamäärän mittauksia. Myös oli mainintoja, että ei ollut seurattu, koska ei ollut ilmennyt ongelmia.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin kuusi vastausta. Viidessä vastauksessa todettiin, että mitään kokeita ei ollut tehty tai niistä ei ollut tietoa tai vaihtoehtoisesti oli ilmennyt vaurioita, jolloin kokeita oli tehty.

Vastauksista ilmeni, että käytännöt toimivuuden seuraamisessakin vaihtelevat suuresti eri projektien välillä, kuten monet muutkin esille tulleet asiat. Vastauksista ei usein käynyt ilmi olivatko tarkastukset tai kokeet olleet aiemmin suunniteltuja vai oliko niihin päädytty mahdollisten vaurioiden tai laatuun liittyvän epäilyn johdosta.

#### **4.3.4.2 Miten tehtyt havainnot on jaettu muille osapuolille?**

Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 13 vastausta. Viidessä vastauksessa tiedot oli jaettu työmaatarkastuksien, pöytäkirjojen ja raporttien muodossa. Kolmessa kohteessa ei ollut tietoja jaettu, tai siitä ei ollut tietoa. Lisäksi oli mainintana yhdessä vastauksessa, että jos ongelmia ilmenisi, niin puhelimet soisivat.

Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin kuusi vastausta, joista neljässä kohteessa ei ollut tietoja jaettu tai siitä ei ollut tietoa.

Näissäkin vastauksessa huomattiin, että erot käytännöissä ovat suuret projektien välillä.

#### **4.3.4.3 Ovatko uusitut rappaukset olleet kohteeseen soveltuvia?**

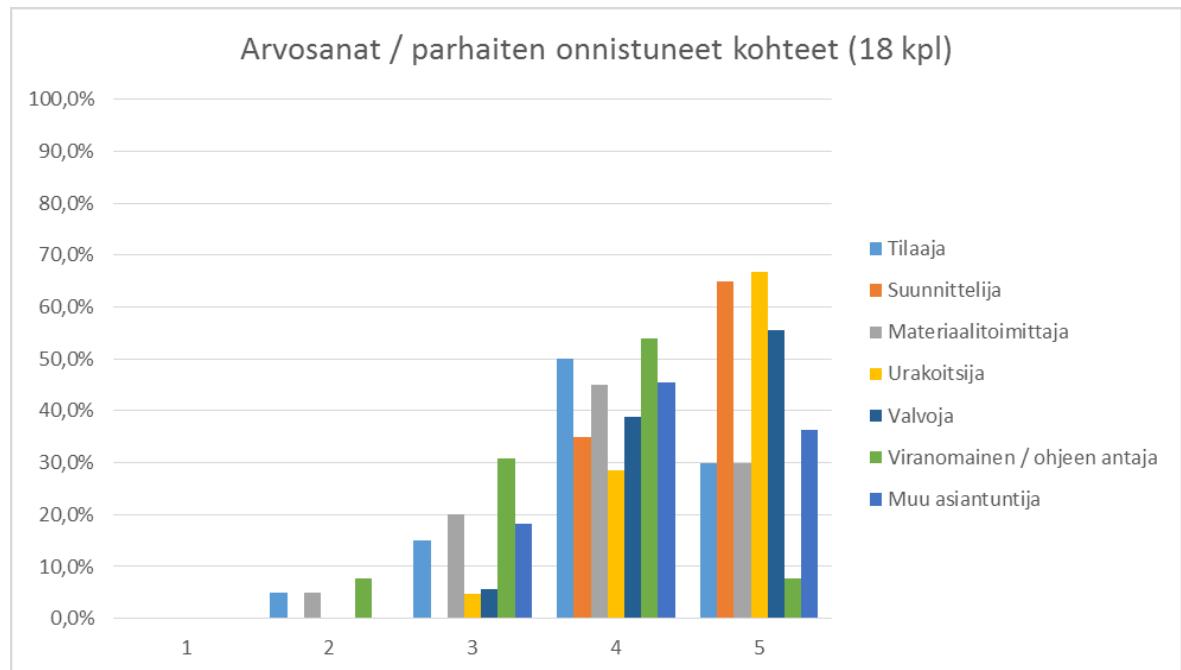
Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta saatiin 19 vastausta. Kaikissa vastauksissa uusitut rappaukset olivat olleet soveltuvia, mikä oli odotettuakin kun oli kyseessä onnistuneet kohteet. Kaikissa vastauksissa oli myös arvioitu korjausten kestoikää. Näiden arvioiden keskiarvo oli hieman yli 40 vuotta, kun otettiin huomioon koko rappauksen ikä eikä vain maalikerros mikä joissakin arviossa oli erikseen mainittu. Muutamina ehtoina kestävyydelle oli mainittu pellitysten toimivuus ja huoltomaalaukset.

Heikoiten onnistuneista kohteista saatiin yhdeksän vastausta. Vastaukset olivat hyvin yksilöllisiä, yhdessä tekninen toimivuus oli kunnossa mutta pinta oli laikullinen, toisessa laasti oli kunnollinen mutta väärä työtapa aiheutti vaurioitumisen alle viidessä vuodessa. Kolmessa kohteessa rappaukset olivat olleet soveltuvia. Yhdessä vastauksessa ei vielä osattu arvioida, sillä kohde oli niin uusi.

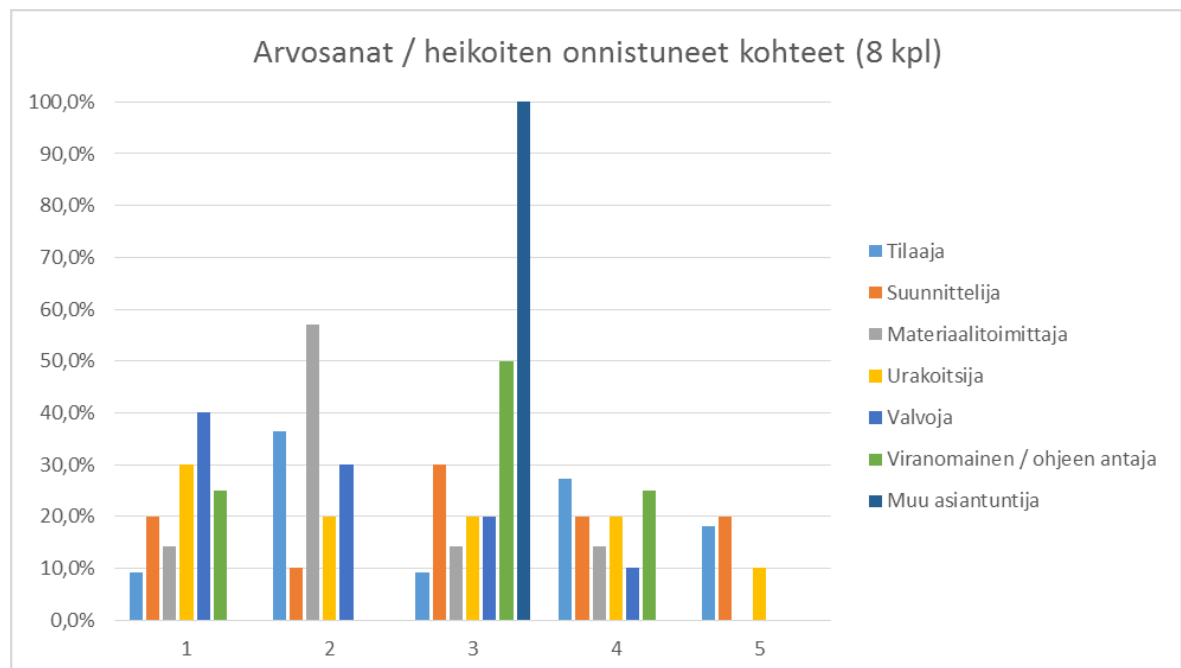
#### **4.3.5 Arvosanat**

Taulukoissa 5 ja 6 on kuvattu haastateltujen henkilöiden antamia arvosanoja eri osapuolille käsiteltyjen kohteiden osalta. Parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta annettiin keskimäärin 18 arvosanaa jokaista osapuolta kohden kun heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta vastaava luku on 8.

*Taulukko 5 Arvosanat / parhaiten onnistuneet kohteet.*



*Taulukko 6 Arvosanat / heikoiten onnistuneet kohteet.*



Parhaiten onnistuneissa kohteissa ei millekään osapuolelle annettu arvosanaa yksi ja arvosa-  
naa kaksi oli kolme prosenttia annetuista arvosanoista. Arvosanat neljä ja viisi painottuivat  
ja niitä oli yhteensä yli 80 prosenttia arvosanoista.



Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta vastaukset olivat jakautuneet tasaisemmin. Suurin prosenttiosuus, 35 prosenttia vastauksista, oli arvosanaa kolme. Lisäksi arvosanaa viisi oli annettu alle seitsemän prosenttia vastauksista.

Yksittäisessä vastauksessa oli arvosanoja kommentoitu seuraavasti: ”Urakoitsijan ja suunnittelijan hyvällä ja avoimella yhteistyöllä ja ammattitaidolla sekä tilaajan avustuksella rappauskorjaukset onnistuvat varmasti!”

#### **4.4 Luotettavuusanalyysi**

Haastateltaviksi henkilöiksi valittiin asiantuntijoita, joilla on laaja kokemus rappauskorjausprojekteista erilaisissa rooleissa tai muuten kattavaa asiantuntemusta rappausalasta. Haastatteluiden yksittäisiä vastauksia ei tutkimuksessa julkaista, minkä ajateltiin lisäävän vastausten vapaamuotoisuutta sekä todenperäisyyttä. Vastausten soveltuvuutta tutkimukseen varmistettiin ilmoittamalla tutkimuksen rajaukset vastaushjeissa. Lisäksi käsiteltävien kohteiden tiedoista tarkistettiin kohteiden ja samalla vastausten soveltuvuus tutkimukseen.

Vastauksia saatiin kaikilta suunniteltuilta osapuolilta ja kaikilta osapuolilta saatiin useita vastauksia, heikoiten vastauksissa ovat edustettuina urakoitsijat, koska vain kaksi urakoitsijaa vastasi haastatteluun. Parhaiten onnistuneista kohteista saatiin enemmän vastauksia kuin heikoiten onnistuneista kohteista. Heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta vastauksia saatiin keskimäärin yhdeksältä henkilöltä, kun parhaiten onnistuneiden kohteiden osalta vastauksia saatiin vajaalta 20 henkilöltä. Kysymyksissä missä vastausten määrä jäi alhaiseksi, on vastausten määrä huomioitu vastauksia analysoitaessa. Vastauksia saatiin siinä määrin riittävästi, että haastatteluilla saatiin tiedot, mitä oli tarkoitus kerätä.

Kysymysten asettelu oli muutamissa kohdin ehkä liian avoin, mikä aiheutti vastausten erilaisuuden. Tuloksista ei tehdä johtopäätöksiä kuitenkaan yhden vastauksen tarkkuudella, vaan tuloksista kuvataan useammasta vastauksesta koottuja yleisempiä piirteitä.

Useissa vastauksissa pyydettiin kokemuksia sekä parhaiten että heikoiten onnistuneen kohteen osalta ja tuloksia analysoitiin näiden tietojen erotuksena. Lisäksi havainnoitiin sekä parhaiten että heikoiten onnistuneiden kohteiden yleisiä piirteitä. Näistä tuloksista ei useissa kohdin voinut päätellä yleisesti rappauskorjausprojektin tavanomaisia käytäntöjä eikä muutenkaan rappauskorjausprojektien tilannetta yleisesti. Toisaalta osassa näistä vastauksista oli lisäksi mainittu korjausrappausprojektien yleisiä käytäntöjä, joita hyödynnettiin tulosten analysoinnissa.

## 5 Johtopäätökset

Asiantuntijahaastatteluissa saatujen vastauksien perusteella korjausrappausprojektit ovat monimuotoisia, yksilöllisiä ja haastavia. Korjausten vaikeusasteeseen vaikuttavat rakenteen vauriot, ikä ja käyttöhistoria sekä korjausten laajuus. Rappauksen toimintaan vaikuttavat käytetyt laastit ja rappausalusta sekä näiden yhteistoiminta. Korjaustilanteessa tulee ymmärtää rakenteen vauriotilaa, teknistä toimintaa ja mahdollisia korjaustapoja sekä laatuvaatimuksia ja pitkäaikaiskestävyyttä. Haastatteluissa tuli ilmi kirjallisuusosion kanssa yhtenevät periaatteet rappauksen lujuudesta. Rappausalustan tulee olla rappautta lujempi ja rappauksessa lujuuden tulee heiketä pintaa kohti. Paikkakorjauksissa käytetyn laastin lujuus ei saa olla ympäröivää vanhaa laastia suurempi.

Rappauskorjausten onnistumiseen vaikuttavat niin monet asiat, että onnistumisen takaaminen voi tuntua mahdottomalta hallita. Rappauskorjausten vaativuuden vuoksi eri osapuolien asiantuntemuksen käyttäminen on tärkeää korjausten onnistumisen kannalta. Heikoiden onnistuneissa kohteissa ei ollut käytetty eri osapuolien asiantuntemusta yhtä laajasti kuin parhaiten onnistuneissa kohteissa. Yleisimmät eri osapuolien valintaperusteet ovat haastatteluvastausten perusteella referenssit ja kokemukset tai muu saatu tieto osapuolesta, vaihtelevin tarkkuuksin.

Jotta rappauskorjauksella olisi edellytykset onnistua, tarvitaan riittävät ja oikeat tiedot vanhasta rakenteesta. Rappaukseen vaikuttavat sekä mekaaniset että ilmaston ja ympäristön aiheuttamat rasitukset. Rapattuun julkisivuun syntyvät vauriot voivat vaikuttaa rakenteen toimintaan tai aiheuttaa esteettisiä haittoja. Vauriot voivat olla laajuudeltaan paikallisia tai koko rakennetta koskevia. Keskeisenä tietolähteenä rappauksen vaurioista ja rakenteesta käytetään rapatun julkisivun kuntotutkimusta. Kuntotutkimuksen avulla saadaan kuva julkisivun kunnosta, vaurioiden laajuudesta ja niiden aiheuttajista. Kuntotutkimuksen tulosten avulla määritetään soveltuvat korjaustavat ja niiden kustannukset. Haastatteluvastauksissa tuli ilmi kuntotutkimusten tärkeys ja se, että kuntotutkimukset ovat usein tiedoiltaan vajavaisia. Heikoiden onnistuneiden kohteissa oli selkeästi vähemmän mainintoja suoritetuista kuntotutkimuksista kuin parhaiten onnistuneissa kohteissa.

Omien kokemuksieni perusteella, haastatteluvastauksissa mainitut, rappauksen silmämääräiset tarkastelut voivat antaa rappauksen kunnosta hyvin vääristyneen kuvan. Maan tasosta tarkasteluna voi julkisivu näyttää hyvältä, vaikka siellä olisi esimerkiksi laajoja alustastaan irti olevia rappausalueita, joista on vaarassa pudota kappaleita. Nostokorista käsin silmämääräisellä tarkastelulla voidaan huomioda rappauksen halkeamat ja pellityksien toiminta. Vain kopo-kartoituksella saadaan määritettyä vaurioiden laajuudet. Näytteenotolla ja näytteille tehtävillä analyyseillä saadaan tieto rappauksen ja alustan kunnosta sekä rappauksen ja pinnonnoitteen tyypistä.

Vanhoista suunnitelmista, korjaushistoriatiedoista tai kohteelle tehdystä rakennushistoriaselvityksestä voi saada tietoja vanhasta rappauksesta mutta näiden tietojen saatavuudella ei haastattelujen perusteella näytä olevan suurta merkitystä kohteen onnistumisen kannalta. Tarvittavat tiedot voidaankin tarvittaessa selvittää lisätutkimusten avulla. Kaikkien tutkimusten dokumentointi on tärkeää, koska niitä voidaan hyödyntää myös seuraavalla korjauskerralla.

Vastausten perusteella laasteja kannattaa testata etukäteen, varsinkin jos kyseessä on haastava tai paikkakorjausta vaativa kohde. Testauksella saadaan selville laastin työstettävyyden ja ulkonäkö, mikä voi vähentää ristiriitojen syntyä työn aikana. Lisäksi testauksessa voi ilmetä sellaisia ongelmia, jotka ilman testausta jäisivät huomioimatta tai huomataan liian myöhään, mikä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia.

Haastatteluvastausten perusteella suunnitelmien sisältö vaihtelee suuresti ja suunnitteluvaiheessa tietomäärä on usein liian vähäinen. Vastausten perusteella ei voida kuitenkaan tehdä selviä johtopäätöksiä suunnitelmien vaikutuksesta rappauskorjauksen onnistumiseen. Haastatteluissa tuli ilmi, että usein kuntotutkimuksen ja muiden tutkimusten puutteiden sekä suunnittelun vajavaisuuden johdosta korjataan liikaa ja suositaan rappauksen kokonaan uusimista paikkakorjausten sijaan. Kokonaan uusimisella toimitaan varman päälle ja pystytään käyttämään uusia paremmin tunnettuja materiaaleja. Tästä aiheutuu kuitenkin ylimääräisiä kustannuksia ja historiallisissa kohteissa menetetään turhaan vanhaa rappautta.

Rappauskorjauksen tavoitteet pitää määritellä ja tuoda selkeästi ilmi eri osapuolille. Eri osapuolien ja tarvittavien tutkimusten avulla korjauksen tavoitteet pystytään asettamaan tarkemmin. Eri osapuolien hyödyntämisellä pystytään myös paremmin suojautumaan materiaalivalintoihin ja työmenetelmiin liittyviltä riskeiltä, jotka voivat aiheuttaa rappauksen vaurioitumisen. Laastiin lisättäessä aineita työmaalla täytyy huomioda, että lisäykset vaikuttavat laastin työstettävyyden lisäksi myös valmiin rappauksen ominaisuuksiin. Esimerkiksi veden lisäämisessä pitää huomioda työstettävyydsvaihtelujen lisäksi, että suurempi vesi-si-deainesuhde kasvattaa plastisen vaiheen kutistumaa ja halkeilua. Lisäksi tulee huomioda työnaikaisten sääolosuhteiden vaikutukset rappauksen onnistumiseen.

Haastatteluiden perusteella tiedetään, että rappauskorjausprojekteissa myös tiedonkulku vaihtelee suuresti. Eri osapuolien hyödyntämisestä saa täyden edun vain jos tarvittavat tiedot ovat kaikkien saatavilla. Tiedonkulun tärkeys ilmeni haastatteluissa, sillä parhaiten onnistuneissa kohteissa ei mainittu tiedonkulussa olleen mitään ongelmia, toisin kuin heikoiten onnistuneissa kohteissa. Tiedonkulkua on käsitelty laajemmin kohdassa 5.2.

## **5.1 Laastinvalintaprosessi**

### **5.1.1 Tavoitteiden asettaminen ja laastinvalintaprosessi**

Rappauskorjauksia suunniteltaessa tulee ensiksi määritellä syyt miksi rappautta korjataan ja mitkä ovat korjauksen tavoitteet. Keskeisenä apuvälineenä syiden määrittämisessä käytetään julkisivujen kuntotutkimusta. Tavoitteiden määrittämisessä käytetään hyväksi tietoja mitä rakenteesta tai rakennuksesta on saatavilla, kuten vanhat suunnitelmat tai muut historiatiedot. Tavoitteet asettavat uudelle rappaukselle tiettyjä vaatimuksia ja tavoitteissa tulee huomioda laastin ominaisuuksien lisäksi korjausten laajuus ja rakennuksen mahdollinen suojeleminen.

Kirjallisuusosiossa todettiin, että rappauskorjauksessa laastinvalinnan tulisi aina alkaa vanhan laastin analysoinnilla. Haastatteluiden perusteella paikkakorjauksissa tulee valita vanhan laastin kaltainen laasti niin, että korjauslaasti ei ole lujempaa tai tiiviimpää kuin vanha laasti. Paikkarappauksessa käytetty soveltumaton laasti voi vaurioittaa ympärillä olevaa vanhaa rappautta tai rappausalustaa. Vanha laasti voidaan yrittää kopioida, mutta kopioinnissa ei voida kuitenkaan täysin onnistua niin, että uusi laasti heti vastaisi vanhaa, sillä vanha laasti

on ikääntynyt, mikä on muuttanut sen ominaisuuksia. Uusittaessa rappaus kokonaan, laastinvalinta riippuu alustasta ja sen ominaisuuksista. Vanhan laastin ominaisuuksien lisäksi haastatteluissa peräänkuulutettiin säärasitusten vaikutusten ja korjauksen kokonaistaloudellisen kannattavuuden huomioimista laastinvalinnassa. Haastatteluissa heikoiten onnistuneissa kohteissa tehtyjen laastitutkimusten puuttuminen ja puutteet tehdyissä tutkimuksissa mainittiin selkeästi useammin kuin parhaiten onnistuneissa kohteissa, mikä viittaa siihen, että tutkimusten tekeminen kasvattaa todennäköisyyttä korjauksen onnistumiselle.

Rappauskorjauksissa tulee niiden haastavuuden vuoksi hyödyntää eri osapuolien asiantuntemusta. Haastatteluissa selvisi, että heikoiten onnistuneissa kohteissa oli useammin laastinvalintaan vaikuttanut vain yksi osapuoli, ja rappauksen vaatimuksiakin oli määrittämässä vähemmän osapuolia kuin parhaiten onnistuneissa kohteissa. Haastatteluissa myös selvisi, että on koulukuntia, jotka suosivat yhtäältä kalkki- tai sementtipitoisempia laasteja tai toisaalta märkä- tai kuivalaasteja sen mukaan, mitä ovat kulloinkin tottuneet käyttämään tai suunnittelemaan. Lisäksi kävi ilmi, että kuiva- ja märkälaasteja suosivilla tahoilla on erilaiset perustelut suosimiselleen. Haastatteluissa myös ilmeni, että ristiriitoja laastinvalinnassa voi esiintyä riippumatta kohteen onnistumisesta. Ristiriitoihin voidaan varmasti vaikuttaa eri osapuolien osallistamisella laastin vaatimuksia määritettäessä ja laastia valittaessa.

Pohjatietojen avulla tehdään korjaussuunnitelmat ja valitaan soveltuva korjauslaasti. Laastinvalinnassa kannattaa hyödyntää eri osapuolien, kuten materiaalivalmistajan ja urakoitsijan, asiantuntemusta, jonka avulla selviää ovatko suunnittelijan vaatimukset rappaukselle mitenkään mahdollisia. Laastinvalinnan tueksi saatetaan tarvita vielä tarkentavia jatkotutkimuksia. Valitulla laastilla tehdään mallityöt, joiden seurauksena voidaan laastia muuttaa eri osapuolien näkemysten mukaan ennen lopullista rappautusta. Jos muutoksia tehdään, päivitetään suunnitelmat ja valitaan kaikkia osapuolia tyydyttävä ja kohteeseen soveltuva todettu laasti.

### **5.1.2 Markkinoille kaivattavia laasteja**

Laastinvalinnassa voidaan päätyä laastiin, mitä ei markkinoilla ole suoraan tarjolla. Haastatteluissa ilmeni, että markkinoille kaivattaisiin lisää perinteisiä hydraulisia kalkkilaasteja erilaisilla suhteutuksilla ja karkeuksilla. Vastauksissa toivottiin myös lisääineettomuutta tai lisääineiden selkeää ilmoittamista. Kuten kirjallisuusosiossa todettiin, on hydraulisella kalkkilaastilla hydraulisia ominaisuuksia, mitkä ovat peräisin luonnollisista epäpuhtauksista tai vaihtoehtoisesti kalkkiin lisätyistä piilevistä hydraulisista aineista. Hydrauliset kalkkilaastit myös mainittiin suositeltuna laastiyhdistelmänä vanhalle kalkkirapatulle massiivitiilijulkisivulle, missä on vaihteleva vedenimukyky: suositeltuna laastiyhdistelmänä alustasta pintaan KKh 40/60/500, KKh 40/60/500 ja K 100/600.

Lisäksi haastatteluvastauksissa mainittiin, että liian usein pitäydytään valmiissa ratkaisuisa, kun laasteja voitaisiin tarvittaessa muokata paremmin kohteeseen sopivaksi. Muokkauksen lisäksi toinen vaihtoehto on etsiä tarvittavia laasteja Suomen markkinoiden ulkopuolelta.

### **5.1.3 Hydraulisia kalkkilaasteja Suomen markkinoiden ulkopuolelta**

Haastatteluissa kaivattujen hydraulisten kalkkilaastien saatavuutta Suomen markkinoiden ulkopuolelta tarkasteltiin yhden esimerkin osalta. Weber valittiin esimerkiksi, koska Weberin kansainvälisyyden johdosta Suomessa on tarjolla vain osa koko yhtiön rappauslaastivalikoimasta. Saint-Gobain Weber Oy on Suomessa toimiva rakennusmateriaaleja valmistava

yrittäjä ja se on osa kansainvälistä Saint-Gobain -konsernia. Weber valmistaa ja myy rappauslaasteja. Suomen ilmastoa vastaavien olosuhteiden takia kartoitettiin, mitä tuotteita Weberillä on Ruotsissa tarjolla. Haastattelussa kaivattuja hydraulisia kalkkilaasteja on Ruotsissa tarjolla Suomea enemmän.

Suomessa Weberillä on valikoimassa seuraavat hydrauliset kalkkilaastit ja kalkkimaalit (Saint-Gobain Weber 2016):

- weber.cal 109 hydraulinen kalkkipohja
- weber.cal 148 hydraulinen kalkkilaasti
- weber.cal 152 hydraulinen kalkkilaasti hieno
- weber.cal 249 kulttuurikalkkimaali

Ruotsissa on näiden tuotteiden lisäksi tarjolla seuraavat hydrauliset kalkkilaastit ja kalkkimaalit (Saint-Gobain Sweden AB 2016). Laastit ja esimerkkikohde on tarkemmin kuvailtu liitteessä 3:

- weber.cal 154 hydraulisk kalkspritputs
- weber.cal 158 hydrauliskt kalkbruk grov
- weber.cal 528 hydr kalkspritputs 5mm Dol Hand
- weber.cal 535 hydr kalkspritputs 5mm Ärt Hand
- weber.cal 536 hydr kalkspritputs 8 mm Ärt Hand
- weber.cal 246 kalkfärg våt
- weber.cal 248 gotlandskalk.

## **5.2 Korjausrappauskohteen toteutus osapuolten välisellä yhteistyöllä, toimintamalli**

### **5.2.1 Yleistä**

Haastatteluiden perusteella tiedonkulku tulisi saada avoimemmaksi ja systemaattisemmaksi, jotta kaikki osapuolet voisivat keskustella samoilla tiedoilla. Lisäksi haastattelussa myös ilmeni, että eri osapuolia tulee hyödyntää paremmin ja mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Koska kohteen vaikeusaste voi olla vaikeaa määritellä etukäteen, tulee alkuvaiheessa käyttää laajasti asiantuntijoita, jolloin selvitetään kohteen vaatimukset ja tavoitteet sekä valitaan käytettävä laasti. Eri osapuolten tulee ymmärtää tilanne, sillä yksikin epämääräinen osa voi heikentää lopputulosta ja yhteisen näkemyksen puute voi johtaa riitoihin. Tämän toimintamallin tarkoituksena on antaa käytännön ohjeita eri osapuolien toimintaan ja vuorovaikutukseen korjausrappauskohteissa.

Tiedonkulun kannalta on tärkeää, että se huomioidaan projektin kaikissa vaiheissa, ennen varsinaista rappausta, työn aikana ja työn jälkeen. Lisäksi tiedonjaon tulisi olla avointa osapuolten välillä. Erilaiset ongelmakohdat ja kehitystarpeet tulisi tuoda esiin heti niiden havaitsemisen jälkeen, jolloin on eniten aikaa toimia niiden korjaamiseksi. Kun tehty virheet on dokumentoitu, voidaan dokumentointia hyödyntää jatkossa ja jokaista projektia ei tarvitse aloittaa nollasta. Lisäksi dokumentoinnin avulla voidaan selvittää aiemmin sovitut asiat tai jakaa tiedot projektin uudelle osapuolelle. Jos laadituista dokumenteista poiketaan, tulee ne päivittää, jotta ne vastaavat toteutusta ja ovat käyttökelpoisia.

Tiedonkulku vaihtelee projektien välillä ja niin myös sen ongelmakohdat. Usein kyse ei välttämättä ole itse tiedon puutteesta, vaan sen jakamisesta. Tästä johtuen onnistunut tiedonjako ei välttämättä lisää osapuolien työkuormaa merkittävästi.

## 5.2.2 Tiedonjakamistavat

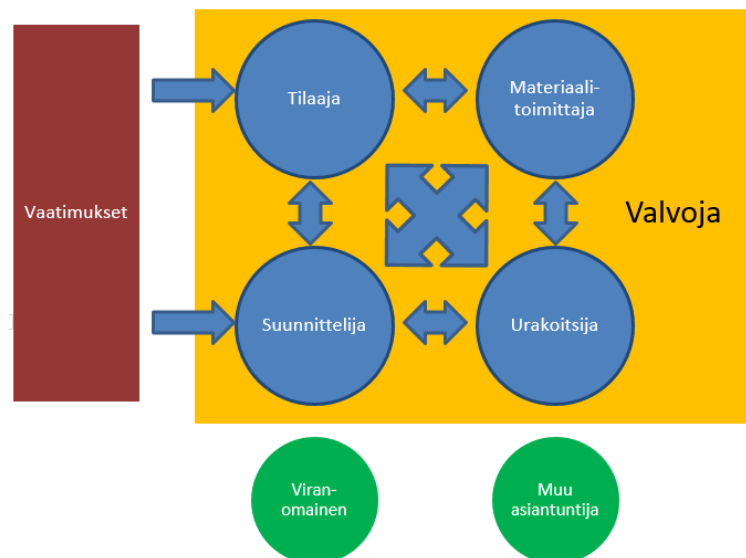
Haastatteluiden perusteella keskeisimpiä tiedonjakotapoja ovat: työmaan aloituspalaveri, työmaakokoukset ja erilaiset katselmukset. Näiden tapahtumien pohjalta laaditut dokumentit, laadunvarmistusraportit ja työmaapäiväkirja mainittiin konkreettisina jaettuna tietona. Lisäksi haastatteluiden perusteella keskeinen kommunikointiväylä on sähköposti.

Tiedonjaosta ja tiedonjakotavoista tulee sopia ennakkoon. Selkeät vastuunjaot ja systemaattiset tiedonjakotavat, dokumentointi mukaan lukien, auttavat eri osapuolien välistä onnistunutta yhteistyötä. Sovitaan mitä eri kokouksia ja katselmuksia pidetään, mitä ne pitävät sisällään ja miten ne dokumentoidaan sekä miten dokumentit jaetaan. Ongelmakohtana voi olla yhteisen kielen, niin ammatillisen kuin konkreettisenkin, puute ja haasteena saada tieto kulkemaan työn suorittavalle rappaajalle asti. Seuraavassa osiossa on esitetty eri osapuolien rooleja ja vastuita tiedon jakajina ja vastaanottajina.

## 5.2.3 Osapuolien roolit

### 5.2.3.1 Vuorovaikutukset

Kuvassa 12 on kuvattu eri osapuolien vuorovaikutusta projektin aikana. Kuvassa on esitetty kohteen vaatimukset, joihin ei voida vaikuttaa. Siksi nuolet ovat vain yhden suuntaiset. Neljän pääosapuolen: tilaajan, suunnittelijan, materiaalitoimittajan ja urakoitsijan välillä on kaikissa kahden suuntaiset nuolet, eli tiedon tulee kulkea molempiin suuntiin. Lisäksi kuvassa on esitetty valvojan rooli kattavaksi kaiken vuorovaikutuksen eri osapuolien välillä. Viranomaisen ja muun asiantuntijan rooleista ei ole erikseen vedetty nuolia, sillä vuorovaikutukset vaihtelevat eri projektien välillä ja asiantuntemusta hyödynnetään eri tavoin ja eri osapuolien kesken.



Kuva 12 Eri osapuolien vuorovaikutus.

### **5.2.3.2 Tilaaja**

Tilaajan tulee määritellä korjauksen tavoite ja jakaa se kaikkien eri osapuolien tietoon sekä mahdollistaa sen toteuttaminen. Tilaajan vastuulla on mahdollistaa riittävät tiedot kohteeseen soveltuvien suunnitelmien tekemiseksi sekä mahdollistaa tarvittavien eri asiantuntijoiden käyttäminen. Eri osapuolet tulee valita mahdollisimman aikaisin ja suunnitella tiedonjako osapuolien välillä.

Tilaajan tulee saada eri osapuolilta kaikki projektin aikana tuotettu tieto. Suunnittelijalta tulee saada toteutusta vastaavat suunnitelmat, materiaalitoimittajalta käytettyjen materiaalien tiedot ja urakoitsijalta työmaapäiväkirja sisältäen kaiken sovitun tiedon. Mahdolliset aikataulupoikkeamat tulee saada kaikilta osapuolilta.

Yleisimmät ongelmakohdat ovat: eri osapuolia ei valita riittävän aikaisin, tiedonjako ei ole systemaattista ja tilaajan saamat tiedot eri osapuolilta ovat vajavaisia. Seurauksena kohteen onnistuminen voi vaarantua tai voi aiheutua ylimääräisiä kustannuksia tai vajavaisten tietojen saaminen vaikuttaa seuraaviin korjauskertoihin.

### **5.2.3.3 Suunnittelija**

Suunnittelijan tulee tietää korjausten tavoite. Siltä pohjalta tulee selvittää kohteen ominaisuudet, kuten alusta ja vanha laasti. Lisäksi tulee selvittää kohteeseen vaikuttavat rasitukset ja määritellä vaatimukset yhdessä muiden osapuolien kanssa. Suunnittelijan tulee laatia yksiselitteinen suunnitelma, josta selviää niin käytettävä laasti tarkkoine tietoineen kuin työtavat sekä sallitut olosuhteet. Lisäksi suunnitelmista pitää käydä ilmi vaadittavat laadunvarmistustehtävät ja mallityöt. Tarvittaessa muutokset tulee päivittää suunnitelmiin.

Suunnittelijan tulee pystyä suorittamaan tarvittavat tutkimukset, jotta suunnittelussa on käytettävissä riittävät lähtötiedot. Lisäksi tulee saada materiaalitoimittajalta tarvittavat tiedot laastien sisällöstä ja urakoitsijalta työn aikana tiedot korjausten onnistumisesta sekä laastin soveltuvuudesta.

Yleisimmät ongelmakohdat ovat: ei ole riittäviä lähtötietoja tai osaamista, mikä voi aiheuttaa varman päälle suunnittelua ja liiallista korjaamista uusittaessa koko rappaus. Lisäksi ongelmana voi olla, että suunnitelmien lähettämisen jälkeen ei suunnittelijalle tule enää mitään tietoja projektin kulusta.

### **5.2.3.4 Materiaalitoimittaja**

Materiaalitoimittajan tulee antaa asiantuntemusta laastien soveltuvuudesta kohteeseen, kuten kokemukset samankaltaisissa kohteissa ja perustelut laastien suosituksille sekä laasteille soveltuvat työtavat. Lisäksi tulee antaa tarvittavat tiedot laastien sisällöstä ja toiminnasta suunnittelijalle ja urakoitsijalle.

Materiaalitoimittajan tulee tietää korjausten tavoite ja saada kohteen ominaisuudet, rappauksen vaatimukset ja käytettävät työtavat. Mallitöiden ja korjausten aikana tulee saada tietoa urakoitsijalta laastin käyttäytymisestä. Lisäksi urakoitsijalta tulee saada työmaapäiväkirja kaikkine tarvittavine tietoineen.

Yleisimmät ongelmakohdat ovat: materiaalitoimittajan asiantuntemusta ei hyödynnetä ja toisaalta materiaaleista ei ole annettu tarvittavia tietoja. Seurauksena kohteelle ei välttämättä valita juuri oikeaa laastia tai laastin käytössä ilmenee virheitä. Jos tarvittavia tietoja ei anneta, ei saada myöskään selkeää tietoa uuden rappauksen sisällöstä ja se tulee tutkia viimeistään seuraavalla korjauskerralla.

### **5.2.3.5 Urakoitsija**

Urakoitsijan tulee antaa asiantuntemusta laastinvalinnassa ja kokemuksia valittavasta laastista. Mallitöiden pohjalta tulee antaa palautetta sekä arvio laastin ja suunnitelmien soveltuvuudesta kohteeseen. Suunnitelmissa havaitut ongelmakohdat tai puutteet tulee ilmoittaa välittömästi muille projektin osapuolille. Lisäksi mahdollisista poikkeamista työn kulussa tulee ilmoittaa. Urakoitsijan tulee pitää työmaapäiväkirjaa, joka sisältää kaikki sovitut asiat, kuten käytetyt materiaalit ja materiaalimenekit sekä rapatut alueet, olosuhteet ja suoritettavat laadunvarmistustehtävät. Lisäksi urakoitsijan tulee olla tarkkaavainen laastin lisättävien aineiden osalta. Työtavoissa ja laadunvarmistustehtävissä tulee noudattaa suunnitelmia ja myös olosuhteiden tulee työn aikana vastata suunnitelmia ja tuoteohjeita.

Urakoitsijan tulee tietää korjausten tavoite ja saada tarkat suunnitelmat ja ohjeet korjausten suorittamisesta. Materiaalitoimittajalta tulee saada tietoa laastin käytöksestä ja käytöstä.

Yleisimmät ongelmakohdat ovat: urakoitsija otetaan liian myöhään projektiin mukaan eikä silloin ehditä vaikuttamaan esimerkiksi laastinvalintaan ja urakoitsijan asiantuntemusta ei hyödynnetä täysin. Seurauksena kohteeseen ei välttämättä valita juuri oikeaa laastia ja rapaustöiden aikana voi esiintyä ristiriitoja.

### **5.2.3.1 Valvoja**

Valvoja voi olla eriytetty osapuoli tai esimerkiksi suunnittelija saattaa hoitaa myös valvojan tehtävät. Valvojan tärkeimpänä tehtävänä on sisäistää korjauksen tavoite ja varmistaa, että kaikki eri osapuolien suorittamat tehtävät tukevat tätä tavoitetta. Valvojan vastuulla on valvoa, että työ suoritetaan suunnitelmien mukaan ja eri osapuolet täyttävät heidän vastuualueensa. Valvonta on tärkeää, jotta vältetään työvirheet, mitkä voivat vaarantaa muuten onnistuneen kohteen. Valvojan tulee jakaa asiantuntemuksensa muiden käyttöön. Suunnitelmissa tai muissa asioissa havaitut ongelmakohdat tai puutteet tulee ilmoittaa välittömästi muille projektin osapuolille.

Valvojan tulee saada käyttöönsä kaikki suunnitelmat ja materiaalitoimittajan sekä urakoitsijan toimittamat materiaalit. Yleisin ongelmakohta on, että valvoja ei ole riittävästi paikalla, mikä vaikeuttaa tai pitkittää työvirheiden havaitsemista ja voi vaarantaa kohteen onnistumisen.

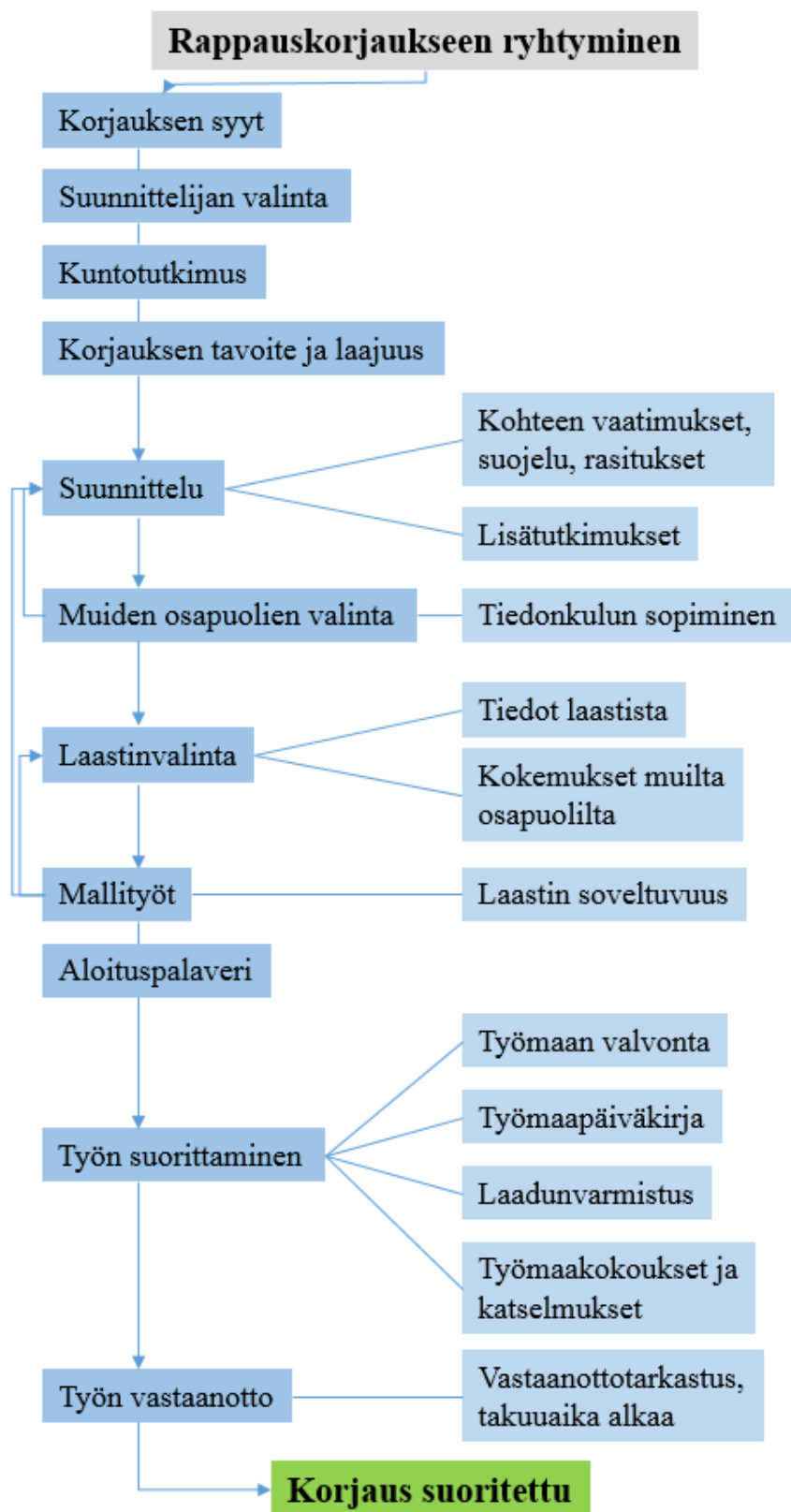
### **5.2.3.2 Viranomainen ja muu asiantuntija**

Viranomaisia ja muita asiantuntijoita voidaan käyttää apuna kaikissa tarvittavissa vaiheissa mahdollisten pakollisten vaiheiden lisäksi. Tärkeimpinä tietoina viranomaisen ja muun asiantuntijan tulisi saada korjauksen tavoite sekä vaatimukset. He voivat olla myös avustamassa vaatimuksien ja tavoitteiden määrittelyssä. Heillä tulisi olla käytössään kaikki tarvittavat tiedot, mitä he tarvitsevat suorittaakseen heiltä odotetut asiat. Viranomaisen tai muun asiantuntijan rooli voi vaihdella suuresti eri projekteissa.



### **5.3 Toimintamallikaavio**

Kuvassa 13 on esitetty korjausrappauskohteen toimintamallikaavio pääosin hankkeeseen ryhtyjän eli tilaajan käytettäväksi mutta kaaviosta voivat hyötyä myös muut projektin osapuolet. Kaavio sisältää korjausrappauskohteen eri vaiheet sekä lisähuomioita, mitä eri vaiheet pitävät sisällään. Muiden osapuolien valinnan ja mallityön jälkeen on vielä mahdollista palata suunnitteluvaiheeseen tai mallityön jälkeen voidaan muuttaa laastinvalintaa. Dokumentointi kattaa koko korjausrappausprojektin kulun. Kaaviota ja siinä esitettyjä vaihteita voidaan hyödyntää korjausten laajuudesta riippuen joko osittain tai kokonaan.



Kuva 13 Toimintamallikaavio.

## **5.4 Suositukset jatkotutkimuksista**

Tämän diplomityön aihe on laaja, kattaen koko rappauskorjausprosessin. Jatkotutkimuksissa voisi perehtyä tarkemmin suppeampiin aiheisiin. Yhtenä tutkimusaiheena voisi olla laastinvalinnan perusteet ja sitä tukevat tutkimukset eli mihin laastin valintaperusteet pohjautuvat ja mitä tutkimuksia suoritetaan sekä, mitä tutkimuksia tulisi suorittaa, jotta laastin soveltuvuudesta voidaan varmistua.

Toisaalta jatkotutkimuksissa voisi selvittää, miten tarkasti suunnitelmia noudatetaan työmaalla. Miten tarkasti suunnitellut työtavat, laastiin tehtävät lisäykset ja rappausolosuhteet otetaan huomioon työn aikana? Lisäksi voisi tutkia tarkemmin tiedonkulkua ja dokumentointia sekä dokumentoinnin hyödyntämistä. Mitkä tiedot oikeasti hyödyttävät eri osapuolia ja miten tarkkoja tietojen tulisi olla? Miten tarkasti tietoja dokumentoidaan ja mitkä tiedot olisivat tärkeintä dokumentoida ja millä tarkkuudella?

Lisäksi ulkomaisten laastien laajempi kartoittaminen voisi soveltua tutkimusaiheeksi. Tutkimuksessa voisi selvittää seuraavia tutkimuskysymyksiä: Mitä ominaisuuksia tuotavissa laasteissa tulisi huomioida? Miten tuotavia laasteja tulisi testata Suomessa? Mitä säädöksiä tuonnissa tulisi ottaa huomioon? Mitä kustannuksia tuonnista koituisi?

## 6 Yhteenveto

Onnistuneisiin rappauksiin tulee ajan saatossa vaurioita, jotka vaativat korjauksia. Korjausrappaukset tuntuvat kuitenkin olevan haastavia ja korjausten onnistuminen on epävarmaa. Korjauksissa käytettävän laastinvalintaan vaikuttavia asioita on monia ja korjauksissa tulee ymmärtää rappaukseen toimintaa laajasti sekä huomioida eri alustojen, rappauksen ja pinnoitteiden yhteistoiminta. Lisäksi materiaalien kosteus- ja lämpökäyttäytyminen sekä rakenteeseen kohdistuvat rasitukset ja vauriomekanismit tulee huomioida korjauksia suunniteltaessa. Väärä laastivalinta voi johtaa korjauksen lyhytikäisyyteen ja pahimmassa tapauksessa korjauksella voidaan vahingoittaa muita seinärakenteita. Laastinvalintaan vaikuttavat teknisten kriteereiden lisäksi muut seikat, kuten kohteen suojelumääräykset.

Laastinvalinnan puutteiden lisäksi merkittävä korjausten laatua heikentävä tekijä on heikko tiedonkulku projektissa mukana olevien eri osapuolien välillä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää laastinvalintaprosessia niin, että korjausrappauskohteissa pystytään paremmin valitsemaan kohteeseen soveltuva laasti ja kehittää korjausrappauskohteissa käytettävä toimintamalli, jossa kuvataan tavoitteet eri osapuolien väliselle yhteistyölle sekä yleisimmät ongelmatkohdat ja niiden mahdolliset seuraukset. Laastinvalintaprosessiin ja toimintamalliin vaikuttavia asioita selvitettiin kirjallisuuden lisäksi asiantuntijahaastatteluista saaduilla tiedoilla ja käytännön kokemuksilla. Haastatteluissa pyydettiin vastaajia käsittelemään sekä parhaiten että heikoiten onnistunutta rappauskorjauskohdetta. Tutkimus oli rajattu käsittelemään kiviainesalustalle tehtyjen rappauksen korjausprosessia, eristerappaukset ja puualustat sekä uudiskohteet kokonaisuudessaan oli rajattu työstä pois.

Haastatteluiden perusteella korjausrappausprojektit ovat monimuotoisia, yksilöllisiä ja haastavia. Korjausten vaikeusasteeseen vaikuttaa rakenteen vauriot, ikä ja käyttöhistoria sekä korjausten laajuus. Haastateltavien mukaan projekteissa tulisikin hyödyntää enemmän eri osapuolia ja aikaisemmassa vaiheessa. Parhaiten onnistuneissa kohteissa olikin käytetty enemmän eri osapuolien asiantuntemusta kuin heikoiten onnistuneissa kohteissa. Yleisimmät eri osapuolien valintaperusteet olivat haastatteluvastausten perusteella referenssit ja kokemukset tai muu saatu tieto osapuolesta. Eri osapuolien välisen tiedonkulun tärkeys ilmeni haastatteluissa, sillä parhaiten onnistuneissa kohteissa ei mainittu tiedonkulussa olleen mitään ongelmia, toisin kuin heikoiten onnistuneissa kohteissa.

Haastatteluissa ilmeni, että suunnitelmien sisältö vaihtelee suuresti ja suunnitteluvaiheessa tietomäärä on usein liian vähäinen. Lisäksi useassa vastauksessa oli maininta, että usein korjataan liikaa ja pudotetaan koko rappaus eikä tehdä paikkakorjauksia. Haastattelujen perusteella laasteja kannattaa myös testata etukäteen, varsinkin jos kyseessä on haastava tai paikkakorjausta vaativa kohde. Ero tehtyjen tutkimuksien määrässä oli selkeä ja puutteita tutkimuksissa mainittiin heikoiten onnistuneiden kohteiden osalta useammin. Saatavilla olevilla vanhoilla suunnitelmilla, korjaushistoriatiedoilla tai kohteelle tehdyllä rakennushistoriaselvityksellä ei kuitenkaan näyttänyt olevan suurta merkitystä kohteen onnistumisen kannalta.

Haastattelujen perusteella laastinvalinta on hyvin tapauskohtaista. Usein mainittiin, että paikkarappauksessa tulisi valita vanhan laastin kaltainen laasti, muuten laasti riippuu alustasta. Uusina laasteina haastateltavat kaipaivat markkinoille lisää hydraulisia kalkkilaasteja,

joita kartoitettiin Saint-Gobain Weberin Ruotsin valikoimasta, jossa kyseisiä laasteja on saatavilla laajemmin kuin Suomessa.

Johtopäätös on, että kohteen vaikeusaste voi olla vaikeaa määritellä etukäteen ja siksi alkuvaiheessa tulee käyttää laajasti asiantuntijoita, jolloin selvitetään kohteen vaatimukset ja tavoitteet sekä valitaan käytettävä laasti. Eri osapuolien välisen tiedonkulun kannalta on tärkeää, että se huomioidaan projektin kaikissa vaiheissa, ennen varsinaista rappausta, työn aikana ja työn jälkeen. Lisäksi tiedonjaon tulisi olla avointa osapuolien välillä. Erilaiset ongelmakohdat ja kehitystarpeet tulisi tuoda esiin heti niiden havaitsemisen jälkeen, jolloin on eniten aikaa toimia niiden korjaamiseksi. Tiedonjaosta ja tiedonjakotavoista tulee sopia ennakoon. Selkeät vastuunjaot ja systemaattiset tiedonjakotavat, dokumentointi mukaan lukien, mahdollistavat kaikkien eri osapuolien keskustelun samoilla tiedoilla, mikä edesauttaa eri osapuolien välistä onnistunutta yhteistyötä.

## Lähdeluettelo

- Brasholz, A. (1985) Julkisivumaalaus. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. 220 s. ISBN 951-676-166-6.
- Dührkop, H., Saretok, V., Sneek, T. & Svendsen, S. D. (1966) Laasti Muuraus Rappaus. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. 428 s.
- Foster, A. M. (2012) Masonry Repair Options and Their Philosophical Ramifications. Teoksessa: J. Válek, J. J. Hughes & C. J. W. P. Groot. Historic Mortars. Dordrecht, New York: Springer. S. 197-206. ISBN 978-94-007-4634-3.
- Grönroos, T. & Huovinen, S. (2001) Polymeerimodifioitujen laastien vanheneminen. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. 95 s. ISBN 951-22-5583-9.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2006) Tutkimushaastattelu, teemahaastattelun teoria ja käytäntö. 4. painos. Helsinki: Yliopistopaino Kustannus. 213 s. ISBN 951-570-458-8.
- Immonen, K. & Råman, T. (1990) Maalatun julkisivun kesto. 2. painos. Helsinki: Sitra. 197 s. ISBN 951-563-260-9.
- Julkisivuyhdistys ry (2005) JUKO- Ohjeistokansio julkisivukorjausten läpivientä varten. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.2.2016]. Saatavissa: <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julk-kari2/juko/rapatut.html>.
- Kavaja, R., Mentu, E. & Jormalainen, P. (1981) Muuraustyöt. 5. painos. Helsinki: Rakentajain kustannus Oy. 206 s. ISBN 951-676-229-8.
- Kivilaakso, A. (2010) Rakennusperintö suojelun kohteena. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.2.2016]. Saatavissa: <http://www.mfa.fi/files/mfa/Rakennussuojelu/Rakennussuojelu.pdf>.
- Komonen, J. (2009) Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Teoksessa: Rakentajain kalenteri 2010. Helsinki: Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry ja Rakennustietosäätiö RTS. S. 428-439.
- Laki rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010). Helsinki. Ympäristöministeriö. 01.07.2010.
- Museovirasto (2001) Korjauskortti KK22, kalkkirappauksen korjaus. Helsinki: Museovirasto, rakennushistorian osasto. 12 s. ISSN 1236-4517
- Museovirasto (2015) Usein kysyttyä. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.2.2016] Saatavissa: [http://www.nba.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennusperinto/usein\\_kysytyt\\_kysymykset](http://www.nba.fi/fi/kulttuuriymparisto/rakennusperinto/usein_kysytyt_kysymykset).
- Perander, T., Råman, T., Kanerva, M. & Vahanen, R. (1985) Historiallisten kivirakenteiden laastit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). 148 s. ISBN 951-38-2265-6.
- RT 33-10386. (1990) Rappaus, laastit ja niiden valinta. Rakennustietosäätiö. 8 s.
- RT 82-10608. (1996) Muuratut julkisivut, korjausrakentaminen. Rakennustietosäätiö. 10 s.
- RT 82-10612. (1996) Rapatut julkisivut, korjausrakentaminen. Rakennustietosäätiö. 12 s.
- Rakennustietosäätiö (2010) RunkoRYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki: Rakennustieto Oy. 352 s. ISBN 978-951-682-970-1.
- Råman, T. & Perander, T. (1985) Uudet laastit vanhoissa kivimuureissa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 79 s. ISBN 951-38-2243-5.

Saint-Gobain Sweden AB, (2016). [www.weber.se](http://www.weber.se). [Verkkosivu]. [Viitattu 15.4.2016] Saatavissa: <http://www.weber.se/ladda-ner-dokument/produktokument-broschyrarkiv.html>.

Saint-Gobain Weber (2016) Weber opas. Saint-Gobain Weber Oy Ab. 480 s.

Silvennoinen, K. (1988) Betoni- ja muurausmateriaalien huokoisuustutkimuksia. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 58 s. ISBN 951-38-3111-6.

Silvennoinen, K. & Pyy, H. (1988) Ilman happamoittavien epäpuhtauksien vaikutus rappauksiin. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 60 s. ISBN 951-38-3266-X.

Suomen Betoniyhdistys (1998) Rapatun julkisivun kuntotutkimus by 44. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 112 s. ISBN 952-5075-15-X.

Suomen Betoniyhdistys (1999) Rappauskirja by 46. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 90 s. ISBN 952-5075-19-2.

Suomen Betoniyhdistys (2005) Rappauskirja by 46. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 158 s. ISBN 952-5075-71-0.

Von Konow, T. (2006) Laastit vanhoissa rakenteissa. Helsinki: Suomenlinnan hoitokunta. 104 s. ISBN 13-978-951-9437-31-6.

## **Liiteluettelo**

Liite 1. Haastatellut asiantuntijat 1 sivu.

Liite 2. Haastattelukysymykset 3 sivua.

Liite 3. Hydrauliset kalkkilaastit ja kalkkimaalit Weberin Ruotsin valikoimassa 2 sivua.



## **Liite 1. Haastatellut asiantuntijat**

Selja Flink (Tilaajat, Senaatti-kiinteistöt)

Kimmo Mäkelä (Tilaajat, Suomen Yliopistokiinteistöt Oy)

Antero Hönö (Tilaajat, Indepro Oy)

Tuija Lind (Tilaajat, Suomenlinnan hoitokunta)

Heikki Lahdenmäki (Tilaajat, Suomenlinnan hoitokunta)

Ismo Kirves (Tilaajat, Helsingin Yliopistokiinteistöt Oy)

Varjonen Saija (Suunnittelijat, A-Insinöörit)

Minerva Ahokanto (Suunnittelijat, Vahanen Oy)

Mikko Tarri (Suunnittelijat, Julkisivuyhdistys ry)

Merja Nieminen (Suunnittelijat, Kari Järvinen ja Merja Nieminen Arkkitehdit SAFA)

Mikko Poikkilinja (Suunnittelijat, Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy)

Jouni Kourula (Suunnittelijat, Julkisivukonsultointi JK Oy)

Jukka Lahdensivu (Suunnittelijat, Ramboll Finland Oy)

Kati Winterhalter (Suunnittelijat, Arkkitehtitoimisto Okulus Oy)

Mika Pesonen (Materiaalitoimittajat, Saint-Gobain Weber Oy Ab)

Timo Rautanen (Materiaalitoimittajat, Saint-Gobain Weber Oy Ab)

Aila Alakulju (Materiaalitoimittajat)

Raimo Niemelä (Materiaalitoimittajat, Fescon Oy)

Matti Kumpulainen (Materiaalitoimittajat, Tikkurila Oyj)

Harri Kallioinen (Materiaalitoimittajat, Hyvinkään Betoni Oy)

Risto Littunen (Urakoitsijat, Energis Oy)

Teuvo Kesti (Urakoitsijat, Pitomaalaus Oy)

Jukka Reinikainen (Valvojat, Ideastructura Oy)

Tarmo Sipola (Valvojat, Asiantuntijamestarit Oy)

Antti Lehtikankare (Valvojat, Turun ja Kaarinan seurakuntayhtymä)

Jaana Perttilä (Viranomaiset, Helsingin kaupunginmuseo)

Elisa Heikkilä (Viranomaiset, Museovirasto)

Anu Laurila (Viranomaiset, Museovirasto)

Pertti Koskinen (Muut asiantuntijat, VTT Expert Services Oy)

Minna Aarnio (Muut asiantuntijat, Helsingin Kaupunki)

Esko Sistonen (Muut asiantuntijat, Aalto-yliopisto)

## Liite 2. Haastattelukysymykset

### Diplomityö - haastattelukysymykset

Ohjeet vastaamiseen:

*A-Yleistä-osion kysymyksiin toivon vastauksia kaikista korjausrappauskokemuksista. B- ja C-osion kysymyksien osalta toivon **kaksi vastausta**, toisen parhaiten ja toisen heikoiten onnistuneesta rappauskorjausprojektista. Kohteen nimen mainitseminen on vapaaehtoista, muut tiedot ovat tärkeitä vastausten analysoinnissa. Toivoisin kokemuksia viimeaikaisista, lähinnä **vuoden 2000 jälkeen käydyistä projekteista**.*

*Kaikkia vastauksia sekä kohteita käsitellään niin, että yksittäistä vastaajaa tai kohdetta ei voida niiden perusteella selvittää. Joissakin kysymyksissä on alla avustavia kysymyksiä / näkökohtia vastaamisen helpottamiseksi. Mikäli jokin kysymys ei koske teitä, **voitte jättää kysymyksen väliin**.*

Vastaajan nimi: [avoin]

Projektin osapuoli: tilaaja, suunnittelija, materiaalitoimittaja, urakoitsija, valvoja, viranomainen / ohjeen antaja, muu asiantuntija [monivalinta (voi valita yhden); pakollinen]

### A. Yleistä

- Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojekteista? [avoin]
- Mitä yleisiä ajatuksia teillä on laastinvalinnasta korjausrappauskohteissa? [avoin]
- Mitä yleisiä ajatuksia teillä on korjausrappausprojektien informaatiokulusta? [avoin]

### B. Käsiteltävien kohteiden tiedot

Parhaiten onnistunut kohde: [avoin]

- Kohteen nimi
- Rakennusvuosi
- Rappausalusta
- Korjattavan rappauksen ikä
- Vanha laasti
- Uusi laasti ja toimittaja

Heikoiten onnistunut kohde: [avoin]

- Kohteen nimi
- Rakennusvuosi
- Rappausalusta
- Korjattavan rappauksen ikä
- Vanha laasti
- Uusi laasti ja toimittaja

### C. Korjausrappausprojektin vaiheet

#### Esiselvitykset kohteesta ennen korjausta

- Mitkä syyt johtivat korjauksiin ja miten korjauksien laajuudet päätettiin? [avoin; parhaiten/heikoiten]
- Mitä tietoja vanhoista rappauksista on ollut saatavilla ja mistä tieto on tullut? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - alusta, laasti, työtekniikka, olosuhteet, toimivuus, käyttöhistoria, korjaushistoria

- Miten vanhoja rappauksia on testattu ja tutkittu ennen korjauksia ja korjaustavan valintaa? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - laastin, alustan, pinnoitteen testaus/materiaalityypin selvitys?
  - miten tarkkaan rappauksien vauriot ja niiden aiheuttajat on tutkittu?
  - tehtiinkö kohteissa muutoksia rappausvaurioiden uusiintumisen välttämiseksi?

## Laastinvalinta

- Mitkä asiat ovat vaikuttaneet laastien valintaan? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - suojelumääräykset?
  - alkuperäiset laastit vs. kohteeseen ”paremmin soveltuvat” uudet laastit
  - tiedot korjaushistoriasta, korjausten toimivuus edellisillä kerroilla
  - ovatko laasteille vaaditut muut ominaisuudet olleet määrääviä rappauksen säilyvyyden kustannuksella? mitkä ominaisuudet?
- Mitkä osapuolet ovat olleet mukana määrittelemässä rappauksen ja pinnoitteen sekä muiden korjauksien teknisiä ja esteettisiä vaatimuksia? [monivalinta (voi valita monta); parhaiten/heikoiten]
  - Tilaaja
  - Suunnittelija
  - Materiaalitoimittaja
  - Urakoitsija
  - Viranomainen / ohjeen antaja
  - Valvoja
  - Muu asiantuntija
- Eri osapuolien vaatimuksia: [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - ristiriidat osapuolien välillä? esim. työstettävyyys vs. säilyvyys?
  - mikä taho on päättänyt käytettävät laastit?
- Millaisia laasteja kyseisissä kohteissa on käytetty? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - mikä materiaalitoimittaja?
  - käytetyt laastiyhdistelmät: sideainesuhteet, lisäaineet, seosaineet yms.
  - onko laastiin lisätty jotakin työmaalla tai työaikana vai käytettiin puhdasta materiaalitoimittajan tuotetta? Mitä on lisätty? Minkä takia?
- Tulisiko valittujen laastien teknistä soveltuvuutta kohteisiin testata etukäteen? [kyllä/ei]
- Miksi? Miksi ei? [avoin]
- Mitä laasteja itse suosittelit millekin alustalle ja kohteelle? miksi? [avoin]
- Suositko kuiva- vai märkäläasteja? [Kuivalaastit/Märkäläastit]
- Miksi? [avoin]
- Minkälaisia uusia laasteja toivoisit markkinoille? [avoin]

## Projektin osapuolet ja tiedonkulku

- Millä perusteilla eri osapuolet on valittu? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - Mitä tietoja valitun **suunnittelijan** aiemmista toteutuksista oli saatavilla valintatilanteessa?
  - Mitä tietoja valitun **urakoitsijan** aiemmista toteutuksista oli saatavilla valintatilanteessa?
  - Mitä tietoja valitun **materiaalitoimittajan** laastien soveltuvuudesta aiemmissä toteutuksissa oli saatavilla valintatilanteessa?
  - Mitä tietoja **materiaalitoimittajalta** on saatu? sideainesuhteet, lisäaineet, seosaineet yms.

- Miten tarkkoja ohjeita **suunnittelija** antoi laasteille ja rappauksille? Sisältö? [avoin; parhaiten/heikoiten]
- Mitä tietoja **urakoitsijan** työsuoritteista sai projektin kuluessa ja miten työmaiden työn etenemisestä, olosuhteista, häiriöitä yms. on dokumentoitu? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - minkälaista tietoa urakoitsijalta sai rappauksien onnistumisesta?
- Miten **yhteistyö ja tiedonkulku** eri osapuolien välillä on rappauskorjauksissa sujunut? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - miten tietoa jaettiin eri osapuolien kesken?
  - mitkä asiat ovat aiheuttaneet ongelmia ja erimielisyyksiä?
  - miten tiedon jakaminen on onnistunut? Miten tietoisia eri osapuolet ovat olleet muiden tekemisistä? Millaisia ongelmia tiedon kulussa on havaittu?
  - miten rappauksen vaatimukset jaettiin kaikkien osapuolien tietoon?
  - miten tiedonkulku varmistettiin?
  - miltä osapuolelta ei saanut riittäviä tietoja?
- Miten eri osapuolien asiantuntemusta on hyödynnetty projektin eri vaiheissa? [avoin; parhaiten/heikoiten]
- Miten eri osapuolien asiantuntemusta voisi hyödyntää paremmin projektin aikana? [avoin]
- Mitä tietoja eri osapuolien olisi tärkeintä jakaa muille projektin osapuolille? [avoin]

## Laadunvarmistus

- Miten tehtyjen korjauksien toimivuutta on seurattu? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - miten uutta valmista rappausta on testattu?
  - mitä laadunvarmistuskokeita on käytetty?
  - onko laasti tai lopputulos poikennut siitä mitä on tilattu?
  - miten uuden rappauksen mahdollisia vaurioita on tutkittu tai kartoitettu?
  - miten korjausten säilyvyyttä on mitattu?
  - onko uuden korjauksen laatua tarkastettu 1-5 tai 5-10 vuoden kuluttua korjauksesta?
- Miten tehdyt havainnot on jaettu muille osapuolille? [avoin; parhaiten/heikoiten]
- Ovatko uusitut rappaukset olleet kohteeseen soveltuvia? [avoin; parhaiten/heikoiten]
  - Miten pitkäksi arvioit korjausten kestävyys?

## Arvosana

- Anna arvosana (1 – 5) eri osapuolille käsittelemässäsi onnistuneessa / epäonnistuneessa kohteessa: [valinta 1-5; parhaiten/heikoiten]
  - tilaaja
  - suunnittelija
  - materiaalitoimittaja
  - urakoitsija
  - valvoja
  - viranomainen / ohjeen antaja
  - muu asiantuntija
- Vapaa kommentti arvosanoista [avoin]

## **Liite 3. Hydrauliset kalkkilaastit ja kalkkimaalit Weberin Ruotsin valikoimassa**

### **weber.cal 154 hydraulisk kalkspritputs**

- Hydrauliseen ja ilmakalkkiin perustuva käsin rapattava pintalaasti.
- Väri vaalean beige. Saatavilla useimmissa Weberin perusvärisävyinä tai voidaan valmistaa erikoissävyjä NCS-värijärjestelmän mukaisesti, rajoituksena jotkin vaaleat värisävyt.
- Käytetään rakennusten korjaukseen, jotka on rapattu hydraulisella kalkkilaastilla.
- Suositellaan julkisivuille, joihin kohdistuu kovempi rasitus, esimerkiksi viistosade, ja kun julkisivulta vaaditaan hyvää kestävyyttä. Suositellaan käytettäväksi syksyllä, jolloin on riski, että vain ilmakalkkia sisältävä laasti ei karbonatisoidu.
- Runkoaineena murskattu valkoinen dolomiitti, raekoko 0-8mm
- Lisäaineet: epäorgaaninen pigmentti.

### **weber.cal 158 hydrauliskt kalkbruk grov**

- Hydrauliseen ja ilmakalkkiin perustuva pumpattava karkealaasti, jossa on kuituja.
- Käytetään julkisivuilla kun tarvitaan paksuja rappauskerroksia tai kun alla on käytetty weber.cal 148 laastia. Soveltuu vanhoille luonnonkivirakennuksille.
- Runkoaineena luonnonhiekkia ja hienojakoinen valkoinen dolomiitti, raekoko 0-4mm
- Lisäaineet: sakeutusaine, huokostin ja kuidut.

### **weber.cal 528 hydr kalkspritputs 5mm Dol Hand**

- Hydrauliseen ja ilmakalkkiin perustuva käsin rapattava pintalaasti.
- Väri vaalean beige. Saatavilla useimmissa Weberin perusvärisävyinä tai voidaan valmistaa erikoissävyjä NCS-värijärjestelmän mukaisesti, rajoituksena jotkin vaaleat värisävyt.
- Käytetään rakennusten korjaukseen, jotka on rapattu hydraulisella kalkkilaastilla.
- Suositellaan julkisivuille, joihin kohdistuu kovempi rasitus, esimerkiksi viistosade, ja kun julkisivulta vaaditaan hyvää kestävyyttä. Suositellaan käytettäväksi syksyllä, jolloin on riski, että vain ilmakalkkia sisältävä laasti ei karbonatisoidu.
- Runkoaineena murskattu valkoinen dolomiitti, raekoko 5mm (0-8mm)
- Lisäaineet: epäorgaaninen pigmentti

### **weber.cal 535 hydr kalkspritputs 5mm Ärt Hand**

- Hydrauliseen ja ilmakalkkiin perustuva käsin rapattava pintalaasti.
- Väri vaalean beige. Saatavilla useimmissa Weberin perusvärisävyinä tai voidaan valmistaa erikoissävyjä NCS-värijärjestelmän mukaisesti, rajoituksena jotkin vaaleat värisävyt.
- Käytetään rakennusten korjaukseen, jotka on rapattu hydraulisella kalkkilaastilla.
- Suositellaan julkisivuille, joihin kohdistuu kovempi rasitus, esimerkiksi viistosade, ja kun julkisivulta vaaditaan hyvää kestävyyttä. Suositellaan käytettäväksi syksyllä, jolloin on riski, että vain ilmakalkkia sisältävä laasti ei karbonatisoidu.
- Runkoaineena murskattu valkoinen dolomiitti, raekoko 5mm (0-8mm)
- Lisäaineet: epäorgaaninen pigmentti

**weber.cal 536 hydr kalkspritputs 8 mm Ärt Hand**

- Hydrauliseen ja ilmakalkkiin perustuva käsin rapattava pintalaasti.
- Väri vaalean beige. Saatavilla useimmissa Weberin perusvärisävyinä tai voidaan valmistaa erikoissävyjä NCS-värijärjestelmän mukaisesti, rajoituksena jotkin vaaleat värisävyt.
- Käytetään rakennusten korjaukseen, mikä on rapattu hydraulisella kalkkilaastilla.
- Suositellaan julkisivuille, joihin kohdistuu kovempi rasitus, esimerkiksi viistosade, ja kun julkisivulta vaaditaan hyvää kestävyyttä. Suositellaan käytettäväksi syksyllä, jolloin on riski, että vain ilmakalkkia sisältävä laasti ei karbonatisoidu.
- Runkoaineena murskattu valkoinen dolomiitti, raekoko 8mm (0-8mm)
- Lisäaineet: epäorgaaninen pigmentti

**weber.cal 246 kalkfärg våt**

- Kuivasammutettuun kalkkiin perustuva perinteinen ja luotettava kalkkimaali rappauksille.
- Käytetään kalkkirappauksen ja heikkojen kalkkisementtirappausten maalaukseen. Soveltuu erityisesti vanhoille julkisivuille.
- Runkoaineena hienojakoinen dolomiitti, raekoko 0-0,25mm.
- Lisäaineet: epäorgaaninen pigmentti, sakeutusaine, kovetin

**weber.cal 248 gotlandskalk**

- Ilmakalkkiin perustuva kalkkipasta, jota käytetään kalkkimaalin ja kalkkiveden valmistukseen perinteisellä tavalla. Valmistus tapahtuu työmaalla sekoittamalla kalkkipasta veteen ja mahdolliseen pigmenttiin. Antaa eläväisen vaihtelevan ulkonäön.
- Alustaksi soveltuu kalkkirappaus ja -maali. Käytetään värjäämättömille kalkkirapatuille julkisivuille ja suojelukohteisiin.
- Lisäaineeton

**ESIMERKKIKOHDE: Skogaholms gård, Tukholma**

1700-luvulla rakennettu ja 1790-luvulla uusittu puurunkoinen rakennus. Rappausalustana on osassa rakennusta ohut tiili ilman rappausverkkoa ja osassa kaislamatto. Julkisivu uudistettiin vuonna 2015. Kaikki rappaukset pudotettiin alas ja tehtiin uudelleen.

Tiilipinnalla käytettiin seuraavia laasteja:

- pohja 109
- täyttörappaus weber.cal 158
- pintarappaus weber.cal 142

Kaislamatto rapattiin seuraavilla laasteilla:

- täyttörappaus weber.cal 158
- pintarappaus weber.cal 142
- kalkkimaali weber.cal 248

(Saint-Gobain Sweden AB, 2016)